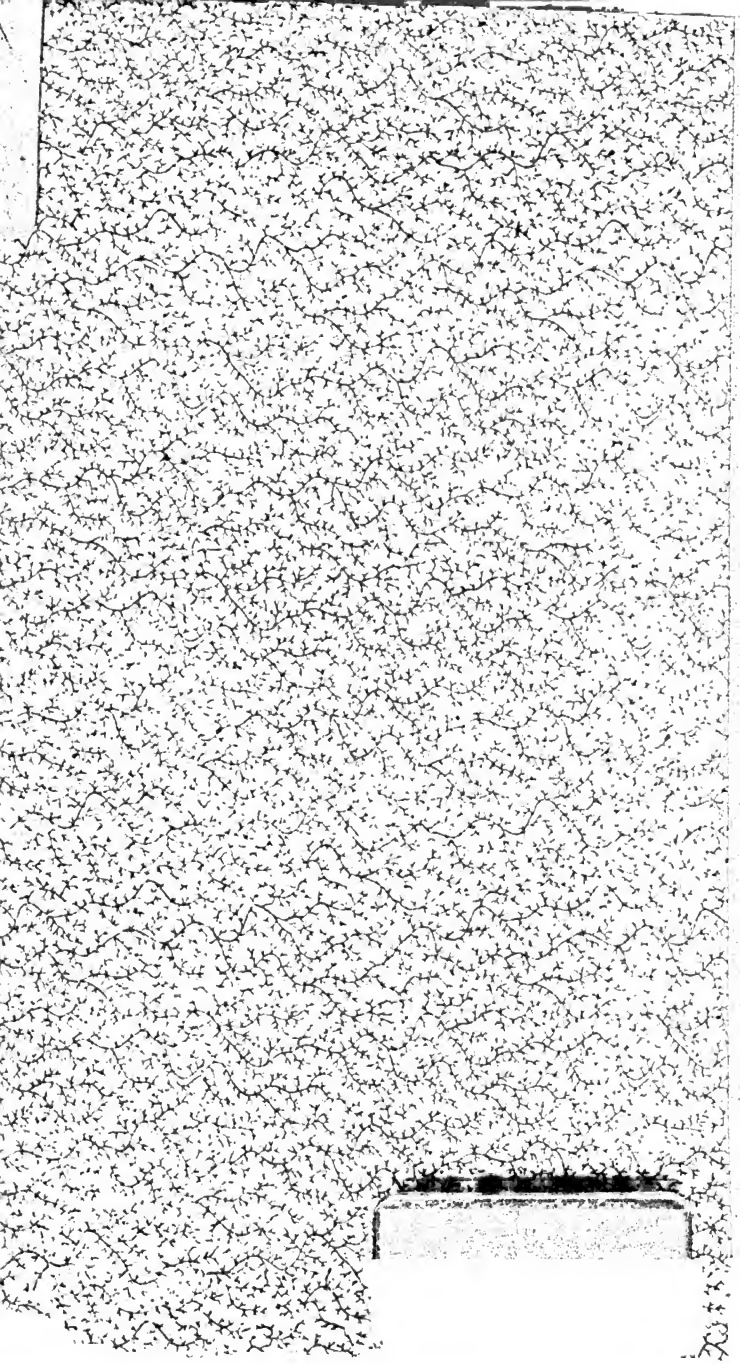
NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 08758140 5

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

VEO

Digitized by Google

VEO

Digitized by Google

Digitized by Google

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

Digitized by Google

Neuer

Schauplatz der Künste und Handwerke.

Mit

Berücksichtigung der neuesten Erfindungen.

Herausgegeben

von

einer Gesellschaft von Künstlern, Technologen und Professionisten.

Mit vielen Abbildungen.

Achtundzwanzigster Band.

Hertel Lehre vom Kalk und Gyps.

Weimar, 1851.

Verlag, Druck und Lithographie von B. Fr. Voigt.

Digitized by Google

Die Lehre

vom

Kalk und Gyps

in

ihrem ganzen Umfange

begreifend:

die Rohstoffe, das Brennen, die Brennmaterialien, die Oefen, die Theorie und das Verhalten des Aetzkalks und der hydraulischen Kalke, Bereitung der Mörtel, Cemente, des Stucco ꝛc. ꝛc.

Von

A. W. Hertel,

Bauinspector.

LIBRARY NEW-YORK.

Mit 71 Figuren auf 8 lithographirten Tafeln.

Weimar, 1851.

Verlag, Druck und Lithographie von B. Fr. Voigt.

Digitized by Google

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

Digitized by Google

Conspectus

der

bis jetzt erschienenen 192 Bände

des

Neuen Schauplatzes

der

Künste und Handwerke.

Mit Berücksichtigung der neuesten Erfindungen, herausgegeben von einer Gesellschaft von Künstlern, Technologen und Professionisten. Mit vielen Abbildungen. 1817—51.

1r	Bd.	**Eupel**, der vollkommene Conditor	1 Rthl.
2r	"	**Thon**, Kunst, Bücher zu binden	1½ "
3r	"	**Barfuß**, Optik, Katoptrik und Dioptrik	2½ "
4r	"	Kunst des Seifensiedens und Lichtziehens	1½ "
5r	"	**Stöckel**, Tischlerkunst	1½ "
6r	"	**Vitalis**, Lehrbuch der gesammten Färberei	3 "
7r	"	**Woltersdorf**, Brod-, ꝛc. Backerei	1½ "
8r	"	**Schultze**, Gold- und Silberarbeiter	1½ "
9r	"	**Heyder**, das Ganze der Kleidermacherkunst	1 "
10r	"	**Schmidt**, Tapetenfabrication	½ "
11r	"	Der Schuh- und Stiefelmacher	½ "
12r	"	**Thon**, Fleischerhandwerk	1 "
13r	"	**Huth**, Handbuch der Kochkunst	½ "
14r	"	**Thon**, vollst. Anleitung zur Lackirkunst	2 "
15r	"	**Thon**, Drehkunst in ihrem ganzen Umfange	1½ "
16r	"	Der vollkommene Parfümeur	½ "
17r	"	**Perrottet**, Indig-Fabrication	½ "
18r	"	**Hüttmann**, Cementir-, Tüncher- u. Stuccaturarbeit	2 "
19r	"	**Wölfer**, Anweisung zum Treppenbau	½ "
20r	"	**Schmidt**, Chocoladefabricant	½ "
21r	"	**Riffault**, Färberei auf Wolle, Seide ꝛc.	½ "
22r u. 23r		Bd. **Matthaey**, Handbuch für Maurer. 2 Bde.	2½ "
24r	Bd.	**Schedel**, Destillirkunst	1 "
25r	"	**Thon**, Fabricant bunter Papiere	1½ "
26r	"	**Matthaey**, Stein- oder Dammsetzer	1½ "
27r	"	**Schulze**, Bau der Reitsättel	½ "
28r	"	**Wölfer**, Kalk- und Gypsbrennerei	½ "

Digitized by Google

29r	Bd.	Serviere, Cultur, Kelterung, Behandlung ꝛc. d. Weine	½ Rthl.
30r	=	Auch, Handbuch für Landuhrmacher	1½ =
31r	=	Höck, Nadler, Drahtzieher	½ =
32r	=	Beumenberger, vollkommener Juwelier	½ =
33r	=	Fontenelle, Essig- und Senfbereitung	½ =
34r	=	Schaller, wohlunterrichteter Ziegler	1½ =
35r	=	Thon, Wachsfabricant und Wachszieher	1 =
36r	=	Fontenelle, Oelbereitung	1½ =
37r	=	Wettengel, Anleitung zum Geigenbau	2½ =
38r	=	Pilzecker, Hutmacherkunst	½ =
39r	=	Bergmann, Stärke- ꝛc. Fabrication	1 =
40r	=	Peclet, Gebäude- Zimmer-, und Straßen-Erleuchtung	1½ =
41r	=	Leischner, vollkommene Linirkunst	½ =
42r	=	Handbuch der Friskunst	½ =
43r	=	Pescheck, das Ganze des Steindrucks	1½ =
44r	=	Haumann, Seidenbau	1 =
45r	=	Der Brunnen-, Röhren-, Pumpen- u. Spritzen-Meister	1½ =
46r	=	Stratingh, Bereitung und Anwendung des Chlors	1½ =
47r—49r	Bd.	Matthaey, Handbuch f. Zimmerleute. 3 Bde.	5½ =
50r	Bd.	Grandpré, Handbuch der Schlosserkunst	1½ =
51r	=	Matthaey, Ofenbaumeister	1½ =
52r	=	Matthaey, die Kunst des Bildhauers	1½ =
53r	=	Lebrun, Klempner und Lampenfabricant	1½ =
54r	=	Thon, Kupferstecher- und Holzschneidekunst	1½ =
55r	=	Thon, Lehrbuch der Reißkunst	1½ =
56r	=	Bastenaire, weißes Steingut zu machen	2 =
57r u. 58r	Bd.	Weinholz, Handb. d. Mühlenbaukunst. 2 Bde.	4 =
59r	Bd.	Leischner, Verfertigung von Papparbeiten	1 =
60r	=	Thon, Anleitung, Meerschaumköpfe ꝛc.	½ =
61r	=	Matthaey, der vollkommene Dachdecker	1½ =
62r	=	Leng, Lehrbuch der Gewerbskunde	2 =
63r	=	Bürck, Juwelier, Gold- und Silberarbeiter	2½ =
64r	=	Ciliar, Riemer und Sattler	1½ =
65r	=	Beckmann, Wagner, Stellmacher u. Chaisenfabricant	2 =
66r—71r	Bd.	Verdam, Grundsätze der Werkzeugswissenschaft und Mechanik. I. Thl. 1½ Rthl. — II. Thl. 3 Rthl. — III. Thl. 2 Rthl. — IV. Thl. 1e—4e Abth. A. u. d. T.: Verdam, Dampfmaschinen zu beurtheilen und zu erbauen. 5½ Rthl.	12 =
72r	Bd.	Schmidt, Handbuch der Zuckerfabrication	2½ =
73r u. 74r	Bd.	Lenormand, Handb. d. Papierfabrication. 2 Bde.	5 =
75r	Bd.	Schumann, durchsichtiges Porzellan anzufertigen	1½ =
76r	=	Biot, Anlegung u. Ausführung aller Arten v. Eisenbahnen	1½ =
77r	=	Schmied, Korb- u. Strohflechtekunst u. d. Siebmacherei	1 =
78r	=	Sternheim, Construction der Sonnenuhren	1½ =
79r	=	Leng, Handbuch der Glasfabrication	2½ =
80r u. 81r	Bd.	Hartmann, Metallurgie f. Künstler. ꝛc. 2 Bde.	3½ =
82r	Bd.	Siddon, engl. Rathgeber z. Poliren, Beizen, Lackiren ꝛc.	1½ =
83r	=	Greener, Gewehrfabrication	1½ =
84r	=	Leng, der Handschuhfabricant	1 =
85r	=	Landrin, die Kunst des Messerschmieds	1½ =
86r	=	Rösling, Beinschwarz-, Phosphor-, Salmiak-, ꝛc. Fabrication	2 =
87r	=	Thon Staffirmalerei und Vergoldungskunst	1½ =
88r	=	Bastenaire, Kunst, Topferwaare zu fertigen	½ =
89r	=	Thon, Klavier-Saiten-Instrumente	½ =
90r	=	Barfuß, Geschichte der Uhrmacherkunst	1½ =
91r	=	Wölfer, Seilerhandwerk	½ =
92r	=	Hamberger, Lustfeuerwerkerei	½ =
93r	=	Ure, Handbuch der Baumwollenmanufactur	1½ =

Digitized by Google

94r	Bd.	Wölfer, Vergamenter, Leimsieder u. Potaschenfabricant	1 Rthl.
95r	"	Thon, Anleitung zum Branntweinbrennen	1½ "
96r	"	Schmidt, Grundsätze der Bierbrauerei	1½ "
97r	"	Hartmann, Probirkunst	½ "
98r	"	Janvier, Construction der Dampfschiffe	1 "
99r	"	Bergmann, Mühlenbauer ꝛc.	2½ "
100r	"	Verdam, Werkzeugswissenschaft IV. Thls. Ergänzungsband	2½ "
101r	"	Höhne und Rösling, der Kupferschmied	1½ "
102r	"	Barfuß, die Kunst des Böttchers ꝛc.	1½ "
103r	"	Hartmann, Handbuch der Metallgießerei	4½ "
104r	"	Schmidt, Feuerzeugs-Praktikant	½ "
105r	"	Reimann, Kunst des Posamentirers	1½ "
106r	"	Sennewald, Linnen- ꝛc. Weberei	3½ "
107r	"	Thon, Holzbeizkunst	1 "
108r	"	Wallack, Gürtler und Broncearbeiter	1½ "
109r	"	Zerrenner, Hufschmied	½ "
110r	"	Schmidt, Handbuch der gesammten Lohgerberei	2 "
111r	"	Schmidt, die Lederfärbekunst	1 "
112r	"	Hartmann, Brennmaterialkunde	½ "
113r	"	Hartmann, Handbuch der Pulverfabrication	1½ "
114r	"	v. Könneritz, Schleifen der Edelsteine	1 "
115r	"	Kühn, Kammmacher	½ "
116r	"	Hartmann, Seidenmanufacturwesen	2½ "
117r	"	Schmidt, Farbenlaboratorium	2 "
118r	"	Schmidt, Emailfarben-Fabrication	½ "
119r	"	Hoppe, Bürstenfabricant	½ "
120r	"	Scherf, Waidindigküpe	½ "
121r	"	Diete, Lehrbuch für Schneider	1½ "
122r	"	Hartmann u. Schmidt, Wollmanufactur	3 "
123r	"	Walker, Galvanoplastik	½ "
124r	"	Hartmann, artesische Brunnen	1 "
125r	"	Schmidt, Illuminirkunst	1½ "
126r	"	Schmied, Schirmfabricant	½ "
127r	"	Flachat, Locomotivführer	1½ "
128r	"	Schmidt, Flachsmaschinenspinnerei	2½ "
129r	"	Alfing, Spritzenfabricant	1½ "
130r	"	Schmidt, Kürschnerkunst	½ "
131r	"	Schmidt, Büchsenmacherkunst	1½ "
132r	"	Scherf, Kleinigkeitsfärberei	1½ "
133r	"	Schmidt, Kunst des Vergoldens ꝛc.	½ "
134r	"	Hertel's Academie der zeichnenden Künste	2½ "
135r	"	Schmidt's Handbuch der Baumwollenweberei	2 "
136r	"	Thon, Kittkunst	½ "
137r	"	— Löthkunst	½ "
138r	"	Henze's Handbuch der Schriftgießerei	1½ "
139r	"	Geest, Handbuch der Kattunfabrication	½ "
140r	"	Boutereau, Treppenbau	1½ "
141r	"	Geest, Baumwollfärberei	3 "
142r	"	Peclet, Feuerungskunde	3½ "
143r	—	145r Bd. Leblanc, Maschinenbauer 1r, 2r, 3r à	1½ "
146r	Bd.	Bronguiart, Porcellanmalerei	1½ "
147r	"	Hämpel, Gemälderestauration	½ "
148r	"	Hertel, Bautischler	2 "
149r	"	Weinß, Fleischer- und Wurstlergeschäft	½ "
150r	"	Fournel, Zimmeröfen	½ "
151r	"	Schmidt, Papiermaché	½ "
152r	"	Ritchie, Eisenbahnwesen	1½ "
153r	"	Schmidt, Bäckerhandwerk	1½ "

Digitized by Google

154r	Bd.	Huguenet, über den Asphalt	½	Rthl.
155r	"	Ludowig, Bleiweißfabrication	½	"
156r	"	Schmidt, Zusätze z. Farbenlaboratorium	½	"
157r	"	Gilroy, Handbuch der Webekunst	4	"
158r	"	Grouvelle, Dampfmaschinenkunde I.	4½	"
159r	"	— — — — II.	4½	"
160r	"	Hartmann, Führer bei'm Schürfen	1½	"
161r	"	Hartmann, Hohofen- und Hammermeister	3	"
162r	"	Persoz, Zeugdruck I.	2	"
163r	"	— — — — II.	2	"
164r	"	Ludowig, Kartoffelbier	½	"
165r	"	Schmied, Gypsfiguren	½	"
166r	"	Steinmann, Luftschifffahrtskunde	1½	"
167r	"	Hartmann, mineral. Brennstoffe	1½	"
168r	"	König, Schlosserkunst	1½	"
169r	"	Harzer, Huf- und Grobschmied	2½	"
170r	"	Harzer, Siegellackfabrication	½	"
171r	"	Schreiber, Uhrmacherkunst	2½	"
172r	"	Hay, Farbenharmonie	1	"
173r	"	Schmidt, Formschneidekunst	½	"
174r	"	Brandely, Electrochemie	½	"
175r	"	Harzer, magnet. Electrizität	1	"
176r	"	Schmidt, vollständiger Schreibmaterialist	2	"
177r	"	Schreiber, Glasblasekunst.	1	"
178r	"	Holzapfel, Werkzeugslehre I.	1½	"
179r	"	— — II.	2½	"
180r	"	Quekett, Mikroskopie	2½	"
181r	"	Hartmann, amerik. Mühlen	2½	"
182r	"	— Gasbeleuchtung	1	"
183r	"	Schreiber, Tabacksfabrikant	1	"
184r	"	Hertel, Perspective od. d. Lehre von d. Projectionen	2½	"
185r	"	Herzberg, Handbuch der chemischen Fabrikenkunde	2½	"
186r	"	Hartmann, vollständ. Handbuch der Metalldreherei	2½	"
187r	"	Harzer, Turbinen	1½	"
188r	"	— Drahtzieher	1½	"
189r	"	Lixaute, Straßen- und Canalbau	2½	"
190r	"	Newth, Statik ꝛc.	½	"
191r	"	Perini, Schweizerzuckerbäcker.		
192r	"	Flachat, Locomotivführer. II.		

Digitized by Google

Vorwort.

Seit langer Zeit haben wissenschaftlich gebildete Männer ihre Aufmerksamkeit auf die Untersuchung der Kalke, namentlich der Kalkmörtel, gewendet. Den meisten Anstoß hierzu hat unstreitig die Erscheinung gegeben, daß Bauwerke aus den ältesten, ja zuweilen historischen Zeiten in ihren Zusammenfügungen eine Dauer zeigen, die gleichsam ein Verwachsen des Mörtels mit den Bausteinen ausspricht, ja wo oft der Mörtel eine größere Härte erreicht hat, als die Steine selbst, so daß die gespeis'ten Fugen netzartig über die verwitterten Steinflächen vortreten. Dieses Vorkommen, verglichen mit dem Verhalten unserer neuern Bauwerke, mußte nothwendig zu ernsten Betrachtungen führen, der Wissenschaft einen würdigen Stoff bieten.

Digitized by Google

In dem Volksglauben haben sich verschiedene Traditionen erhalten, von Generation zu Generation fortgepflanzt, eingenistet, und werden selbst von den Gewerken theilweise für unumstößliche Wahrheiten gehalten. Der Glaube an Geheimnisse, welche unsere Altvordern bei der Bereitung des Mörtels besessen haben sollen, ist nicht nur unter der ungebildetern Klasse lebendig, er taucht auch unter der gebildetern zuweilen auf und giebt mitunter sonderbaren Behauptungen Raum. Bald sollen die Alten den Mörtel mit Buttermilch angemacht, bald sollen sie Kenntnisse von besondern Rohstoffen, Kalksteinen, von eigenthümlichen Löschmethoden gehabt, bald nur mehre Decennien eingelöscht gelegenen Kalk verbraucht haben u. s. w.

Von diesen Wahnglauben bewahrheitet sich durchaus nichts; aber daß man früher mehr Sorgfalt auf die Auswahl der Kalkarten, des gebrannten Kalks, auf das Einlöschen, auf das Vermauern selbst verwendet hat, daß man nicht auf Fabrication in Massen hinarbeitete, wohl aber auf innere Güte eines Machwerks sah — dies steht fest.

Um zugleich aber diese Behauptung nicht auf die Spitze zu stellen, muß man bedenken, daß die schlechtern Bauten dem Zahne der Zeit verfallen, und nur die solidern auf uns gekommen sind. Der wesentlichste Grund dieser so

Digitized by Google

viel besprochenen Festigkeit wird jedoch am meisten übersehen. Wenn auch unser gewöhnlicher (gut bereitete) Mörtel in freier Luft schon nach einigen Tagen oder Wochen sich so stark bindet, daß er vermauert der Masse hinlänglichen Widerstand gegen Druck und andere äußere Unbilden gewährt, so ist die Erhärtung damit noch keineswegs in dem Stadium ihres Maximums angelangt und geschlossen. Die Erhärtung schreitet so langsam und allmälig fort, daß sie ihren Höhenpunct, wo man die Mauer als eine einzige Steinmasse ansehen darf, nicht nach Jahren, sondern erst nach Jahrhunderten erreicht. Es beruht daher die scheinbar so überwiegende Festigkeit des Mörtels unserer Vorfahren vorzüglich in dem beträchtlichen Vorsprung an Erhärtungszeit, den sie im Vergleich mit unsern Bauten hinter sich hat. Wenden wir daher der Bereitung unserer Mörtel — in der Bearbeitung der Materialien selbst sind wir ohnedem um Vieles vorgeschritten — dieselbe Aufmerksamkeit zu, so ist, unter gleichen Constructionsbedingungen, wohl anzunehmen, daß unser Zeitalter in einer spätern Zukunft gerade so ein Muster soliden Baues sein kann, als es für uns das Mittelalter, die Griechen und Römer sind.

Bedenken wir dies, so wird es uns auch nicht mehr wundern, daß die schärfsten Unter-

suchungen der ersten Chemiker in den alten Mörteln nichts anders aufgefunden haben, als was auch unsere Mörtel constituirt.

Solange man aber der Behandlung des Kalkes in dem Brennofen und auf dem Bauplatze nicht mehr Aufmerksamkeit schenkt, das Löschen und Mörtelbereiten unwissenden Lehrjungen und Handlangern ohne strenge Aufsicht überläßt, so lange werden wir, auch mit dem besten Kalkmaterial, nicht Baue herstellen, die noch fernern Geschlechtern Schutz und Heimath bieten, und von ihnen angestaunt werden, wie von uns die vorzeitlichen.

Wer wollte denn überhaupt abläugnen, daß das Zeittreiben sich einer ephemeren Befangenheit zugewandt habe: so in der Kunst, in der Technik, in jedem Fabricationszweig; Alles nur berechnet auf den ungenügsamen Wechsel eines gesteigerten Genusses während des kurzen Tags vom Aufgang zum Niedergang der Lebenssonne. Für kommende Geschlechter hat die Zeit keine Sorgen; diese mögen selbst sich eine Behaglichkeit zu schaffen suchen. Ja es ist selbst nicht einmal zu hoffen, daß — nach der Bewegung unserer Zeit zu urtheilen — unsere Behaglichkeit auch ihnen behaglich sein wird.

Daher nun das „Obenhinarbeiten", das „Bohren des Brets, wo es am Dünnsten ist", das „Arbeiten auf äußern Schein" und „auf

den meisten Profit" (wozu auch das Verdingen an den Mindestfordernden gehört).

Diese Betrachtungen dürfen aber nicht das Streben hemmen, die fortschreitende Wissenschaft den verschiedenen Branchen der Technik, der Fabrication zuzuführen, diese damit fester zu begründen, ihnen dadurch Gelegenheit zu Erleichterung, Verbesserungen zu schaffen. Die Forschungen, Versuche und Resultate wissenschaftlicher Männer, die theilweise sehr zerstreut sind, zu sammeln und allgemeiner zu verbreiten, wird immer verdienstlich bleiben.

Es werden dadurch alte Vorurtheile vernichtet, Vereinfachung eines Betriebs, neue fruchtbringende Ansichten, ein sicherer, begründeter Gang herbeigeführt — alles Dinge, die bessere Fabricate, Wachsen des Wohlstandes, Verminderung der Mühen nach sich ziehen müssen, wenn sie beachtet werden.

Die größten Chemiker, auf welche Nationen stolz sind, haben nicht verschmäht, ihre Forschungen dem so geringfügig scheinenden Kalk zuzuwenden. Einem Vicat, Berthier, Fuchs, Hassenfratz, Berthault-Ducreux, Treussart, Raucourt, Faraday, John, Kuhlmann und vielen Andern haben wir zu danken, daß unsere Ansichten über die Eigenschaften des Kalks und des Mörtels, gegen früher, geläutert sind. Namentlich haben Berthier,

Digitized by Google

Kuhlmann, Vicat und Fuchs die Theorie der hydraulischen Mörtel und Cemente aufgeklärt, die trotz ihrer hohen Wichtigkeit bis vor nicht langer Zeit noch sehr im Dunkeln lag. Beruhte früher die Beschaffung eines künstlichen, hydraulischen Cements auf einem glücklichen Ungefähr, war es ein planloses Umhertappen, so können wir jetzt mit der größten Sicherheit dabei zu Werke gehen, und brauchen nicht mehr den Römern für ihre Puzzolane, den Engländern für ihre Roman- und Portland-Cemente zinsbar zu sein. Wir wissen jetzt unsere natürlichen Puzzolanen im eigenen Lande zu finden, unsere künstlichen Cemente selbst zu fabriciren.

Um dieses zu können, gehört aber nicht allein die genauere Kenntniß der Stoffe, ihrer Lagerstätten und ihrer substantiellen Verbindungen, sondern auch die des chemischen Verhaltens im Zusammenbringen mit Agentien, Feuer, Wasser, Luft ꝛc. dazu.

Es kann dabei eine empirische Andeutung nichts fruchten, wir müssen tiefer in die Wissenschaft, in die Werkstätten der Natur eindringen. Wir müssen wissen, wie die oder jene chemische Zersetzung, oder irgend eine beziehliche Verbindung erfolgt, wir müssen die Gründe einer Manipulation genau angeben können, die

eine Zersetzung (das Brennen), eine Verbindung (das Löschen, die Erhärtung) bedingen.

Die Regelung einer Operation, die größere Oeconomie einer solchen, erfordert wieder besondere Kenntnisse, wie. z. B. der Wirkung des Feuers, der Hitzkräfte der verschiedenen Brennstoffe, der Construction der Oefen.

Auch diese sind zurückzuführen auf wissenschaftliche Principien, auf die zahlreichen Versuche, auf zerstreute Erfahrungen.

Erleichterung verschiedener Operation durch Maschinen, welche nicht allein Ersparungen, sondern auch eine vermehrte Güte des Fabricats bezwecken, und zugleich größere Massen zu liefern vermögen, verdienen ebenfalls Berücksichtigung.

Und endlich ist es noch die Anwendung des Kalks in seinen verschiedenen Zuständen, die einen Platz in einer Abhandlung verdient, die ihm allein gewidmet ist.

Aus dem allen ersieht man, daß das Thema nicht eben ein einfaches ist, daß zu dessen Bearbeitung praktische Kenntnisse nicht allein genügen; deßhalb mußten viele Quellen benutzt werden, dieses aber mit besonderer Vorsicht und Auswahl, und dabei ziemlich mühsam, da die Mittheilungen von partiellen Versuchen und Erfahrungen sehr zerstreut angetroffen werden.

Digitized by Google

Man wird dem beistimmen bei Betrachtung des Inhalt- und Literatur-Verzeichnisses, welches letztere noch keineswegs ein vollständiges genannt werden kann.

Wie wichtig aber das Thema „von dem Kalk" an sich ist, wird man leicht aus der Bemerkung entnehmen, daß es nur wenig technische Operationen giebt, worin der Kalk nicht eine mehr oder weniger bedeutende oder untergeordnete Rolle spielt.

Die größte ist unstreitig bei architectonischen Bedürfnissen, als Marmor, Mörtel, Cement, Stucco, Bèton und dergleichen, und, um nur einige zu nennen, wo er in geringern Quantitäten verbraucht wird, zum Bleichen, Zeugdruck, in der Gerberei, Seifensiederei, Pergamentfabrication, Zuckersiederei, Sodafabrication, bei Schmelzprocessen, bei'm Glasmachen, Fertigen irdener Waare, zum Luftreinigen, Desinficiren, zu der Gasbereitung, zu einer großen Menge chemischer Operationen, in der Heilkunde, der Landwirthschaft ꝛc. ꝛc.

Es giebt wohl keine Substanz, die eine allgemeiner eingreifende Anwendung fände.

Weniger wird derselbe als schwefelsaurer Kalk (Gyps) verbraucht. Doch auch dieser findet, außer im Bauwesen und in der Kunst zum Abformen und als Alabaster, noch verschiedene Anwendungen, wovon wir hier nur den

Digitized by Google

Gebrauch in der Landwirthschaft erwähnen wollen.

Die Chemie hat in Frankreich eine hohe Stufe der Ausbildung erreicht, und selbst unsere tüchtigsten Chemiker zollen dem Fortschreiten der französischen alle Achtung. Es konnte daher nicht außenbleiben, daß im Verlaufe der Schrift viel auf französische Zustände und auf Untersuchungen der dortigen Gelehrten, neben den deutschen, Rücksicht gegeben worden.

Es ist aber auch nicht bloß aufgestellt worden, was die neueste Zeit als letztes Glied einer Vervollkommnung aufzustellen hat oder als solches wenigstens aufzustellen meint; vielmehr ist die Abstufung von den frühern Ueberlieferungen ab hier und da aufzustellen nöthig gewesen, und dabei auch der Altvätergebrauch nicht unberührt gelassen worden, damit der Leser selbst den Maßstab der Wissenschaft an die Proceduren legen könne.

Künsteleien in Form und Betrieb eines Gewerbzweigs werden nie zu Großartigem führen. Sie sind hier möglichst außer Acht gelassen worden; dahin gehören denn vor Allem mit große, kostspielige Maschinen, deren Anschaffung gewöhnlich sehr bald bereut wird.

Sie nehmen zu dem praktischen Betrieb eine Stellung ein, wie der Dampfpflug zu dem

Digitized by Google

durch Menschen regierten — große Kraftanstrengung zu einfach zu erreichenden Zwecken.

Sollte der und jener Leser meinen, die Schrift hätte mit dem Brennen des Kalks abgeschlossen werden können, so ist er im Irrthum.

Die wichtigste Verwendung des Kalks fällt unstreitig dem Bauwesen zu. Aber gerade hier ist es keineswegs gleichgültig, welches Kalkfabricat ihm geliefert wird. Gerade dabei werden so verschiedene Zustände des Kalks verlangt, daß die Fabrication und die Verwendung einander brüderlich die Hand reichen müssen. Es war daher unerläßlich, dieses gegenseitige Bedürfniß an den verschiedenen Mörteln ꝛc. klar zu machen.

Ferner ist es von großem Gewichte die Kalkarten in oryktognostischer Beziehung kennen zu lernen, um daraus das Rohmaterial mit Vortheil und dem besondern Zweck anpassend wählen zu können; in geognostischer Hinsicht aber, um die Lagerstätten aufzusuchen und sagen zu können: „Hier ist gut Hütten bauen".

Es enthält daher die vorliegende Schrift im Allgemeinen:

1) Einen skizzirten Ueberblick der chemischen Lehren, die sich an die Praxis des Kalkbrennens enger anschließen und theilweise zum Verständniß nöthig werden.

2) Belehrung über die allgemeinen Eigenschaften des Kalks (Aetzkalk, gebrannter Kalk).

Digitized by Google

3) Ueber sein Verhalten gegen Wasser und andere Agentien; die verschiedenen Arten des Löschens.

4) Von den Rohstoffen, welche bei dessen Fabrication in Betracht kommen.

5) Von dem Brennen des Kalkes und des Gypses, nach den verschiedenen allgemeiner üblichen, wie localen Methoden, womit dann eng verbunden

6) die Construction der Brennöfen und die Bedingungen bei deren Errichtung, wie auch deren specielleren Betrieb gehören.

7) Zunächst liegt hier das Brennmaterial hinsichtlich seiner physischen Kenntniß, seiner Eigenschaften, seines Nutzwerthes und Hitzkraft.

8) Die neuere, ja schon die allerälteste Baupraktik kennt die Wichtigkeit hydraulischer Kalke. Diese Wichtigkeit bedingt eine möglichst erschöpfende Bearbeitung über natürliche und künstliche hydraulische Kalke, Cemente; deren Aufsuchen, Bereiten, Anwendung, worin in neuern Jahren wichtige Aufschlüsse gefunden worden sind.

9) Der schwefelsaure Kalk, Gyps, spielt im Verhältniß zu dem kohlensauren eine ziemlich untergeordnete Rolle. Auf diese hat er auch in der vorliegenden Schrift verwiesen werden müssen; obschon, was ihm angeht, nicht minder ausführlich abgehandelt worden ist.

Digitized by Google

10) Demnächst war es unbedingt nöthig, das ganze Gefolge von Nebenmaterialien und Substanzen aufzuführen und in ihre Eigenthümlichkeiten einzugehen, die, wiewohl untergebene, doch unentbehrliche Capitel in der Lehre vom Kalk begründen, und mit dem Kalk oder Gyps

11) Mörtel und Artefacte verschiedener Art bilden, welche möglichst erschöpfend aufgeführt werden.

12) Beigegeben für Solche, die mehr in das rein Wissenschaftliche oder Historische eingehen, oder einzelne Ansichten, vorgeschlagene größere Maschinen und dergleichen studiren wollen, ist noch eine Uebersicht der beziehlichen Literatur.

Dies ist es nun, was der Leser in dieser Schrift zu suchen hat, und was derselbe möglichst erschöpfend, doch immer vom Standpuncte der Praxis aus, finden soll.

Ob es gelungen ist, diese Absicht planmäßig durchzuführen, möge der Leser wohlwollend entscheiden.

Sollte es bei der Ueberwucht des Materials auch nicht vollkommen gelungen sein, so wird die Schrift doch dem Praktiker eine Menge Belehrungen, neue Ansichten und Anleitungen zu Verbesserungen geben und schon dadurch ihre Tendenz erfüllt haben.

Der Verfasser.

Digitized by Google

Inhaltsverzeichniß.

	Seite
Vorwort	IX
Einleitung. Allgemeine Vorbegriffe der Chemie. § 1	1
Bezeichnung der Grundstoffe, § 2	2
Chemische Verwandtschaft, Affinität, § 3 . . .	3
Verbindungen, deren Klassen, Säuren, Oxyde, Basen, Salze, § 4	—
Bezeichnung der chemischen Verbindungen, § 5 . .	7
Tabelle einiger Verbindungen u. Mischungsgewichte, § 6	9
Einiges aus der Stöchiometrie, § 7	—

Erste Abtheilung.

Von dem lebendigen Kalk (Aetzkalk), Gyps und deren Fabrication.

Erstes Capitel. Von dem Aetzkalk und seinen Eigenschaften	12
Erster Abschnitt. Von dem Aetzkalk überhaupt .	—
Grundstoff des Aetzkalks, § 8	—
Verbindungen des Kalks, § 9	—
Kohlensäure, § 10	14

Digitized by Google

Seite

Zweiter Abschnitt. Von den Eigenschaften des Aetzkalks, Kalkhydrat, Löschen, Kalkbrei, Gedeihen, § 11 15
Verhalten des gebrannten Kalks, § 12 . . . 17
Kalkbrei, Kalkmilch, Kalkwasser, § 13 . . . 18
Fetter, magerer Kalk, § 14 19
Von der Kieselerde und Thonerde, § 15 . . 20
Von dem Kiesel und der Kieselerde, § 16 . . 21

Zweites Capitel. Von der Gewinnung des Aetzkalks im Allgemeinen, § 17 23

Drittes Capitel. Von der Wahl der Rohstoffe, die sich zum Kalkbrennen eignen, in geognostischer und oryktognostischer Hinsicht: Kalkspath, körniger Kalk, dichter Kalkstein, Muschelkalk, Kreide, Bergmilch, Kalktuff, Stinkstein, Braunkalk, § 18, 19, 20 25
Traß, Puzzolane, § 21 36
Pregnit, Analcim, Natrolith, Dolomit, Septaria, Galets von Boulogne, Mergel, Auſterschalen, § 22 38
Analysen, § 23 44
Dergleichen, § 24, 25, 26 . . . . . —

Viertes Capitel. Von den Mitteln zur Untersuchung der Kalksteine, § 27 47

Fünftes Capitel. Von der Calcination (dem Brennen) der Kalksteine, § 29 50

Sechstes Capitel. Von den verschiedenen Formen der Kalköfen, § 31 54

Siebentes Capitel Hauptklassen der Kalköfen, § 32 55

Achtes Capitel. Von dem unterbrochenen (periodischen) Brennen des Kalks 56
Erster Abschnitt. Von dem periodischen Brennen mit großer Flamme, § 33 57
Von den zur periodischen Calcination mit großer Flamme anzuwendenden Brennstoffen: Torf, Steinkohle, Koks, Holz, Holzkohle, § 34 . . . 58
Von der Vorrichtung der Kalksteine vor dem Einsetzen, § 35 59
Von dem Einsetzen der Steine in den Ofen, § 36 61
Von der Leitung und dem Detail des Brennens, § 37 63
Von dem Hitzgrad, Pyrometer, § 38 . . . 66
Pyrometer von Brogniart, § 39 69
Von der Leitung des Feuers, § 40 . . . 70
Von der Anwendung des Heizmaterials auf dem Heerde, § 42 75

Digitized by Google

Seite

Von den geeigneten Mitteln, die Abkühlung des Kalkes nach dem Brennen zu bewirken, § 43 . 77
Von der zu dem Calciniren bei großer Flamme nöthigen Zeit; Kennzeichen der Gare, § 44 . . 78
Besondere Vorsichtsmaßregeln, zum Gelingen der Calcination, § 45 80
Von den zum Betrieb eines Ofens erforderlichen Arbeitern, § 46 82
Zweiter Abschnitt. Von den Oefen zum ununterbrochenen Brande mit großer Flamme, § 47 . . 83
Von den Oefen zur Holzfeuerung, § 48 . . —
Von den Oefen zur Torffeuerung, §. 49 . . 89
Von den mit Steinkohlen zu heizenden Oefen, § 50 93
Dritter Abschnitt. Von der periodischen Calcinirung durch lagenweises Eintragen, oder mit kleiner Flamme, § 51 95
Vierter Abschnitt. Von den zum periodischen Brennen mit abwechselnden Schichten oder mit kleiner Flamme geeigneten Oefen, § 52 97
Neuntes Capitel. Von der ununterbrochenen Calcination 102
Erster Abschnitt. Von der Calcination in ununterbrochenem Gange mit kleiner Flamme, § 53 . . —
Zweiter Abschnitt. Von den fortgehenden Oefen mit kleiner Flamme, § 54 108
Von den Oefen zur Steinkohlenheizung, § 55 . —
Von den Oefen zur Holzheizung, § 56 . . . 110
Von den Oefen zur Torfheizung, § 57 . . . 111
Dritter Abschnitt. Von den Oefen zu fortlaufender Calcination mit starker Flamme, § 58 . . . 113
Zehntes Capitel. Von den Oefen zu doppelter Nutzung 121
Erster Abschnitt. Von den Oefen, deren überflüssige Hitze benutzt werden kann, oder die zugleich zum Kalkbrennen und einem andern Zwecke dienen, § 61 —
Zweiter Abschnitt. Von den Oefen, deren entweichende Hitze zum Brennen des Kalks benutzt werden kann, § 64 126
Erstes Beispiel, § 65 127
Zweites Beispiel, § 66 129
Drittes Beispiel, § 67 130

Digitized by Google

Seite

Eilftes Capitel. Ueberſicht der vorhergehenden Capitel in Bezug auf die Oefen und Brennmethoden, die ſich als die vortheilhafteſten zeigen. Hauptregeln bei Anlagen von Kalköfen 133
Erſter Abſchnitt. Ueberſicht, § 68 . . . . . —
Zweiter Abſchnitt. Allgemeine Regeln, die bei'm Bau der Kalköfen zu befolgen ſind, § 69 . . . 135

Zwölftes Capitel. Von den Brennſtoffen zu dem Calciniren der Kalkſteine; Wahl und Vergleichung der verſchiedenen Brennſtoffe in öconomiſcher Hinſicht 142
Erſter Abſchnitt. Von den zum Kalkbrennen anzuwendenden Heizmaterial überhaupt, § 71 . . 142
Zweiter Abſchnitt. Von der Wahl ꝛc. der Brennſtoffe, § 72 145
Theorie des Verbrennens, § 73 146
Dritter Abſchnitt. Von dem verſchiedenen Heizmaterial in'sbeſondere 150
Von dem Holze als Heizmaterial, § 76 . . —
Von dem Torfe, § 77 153
Von den Steinkohlen und den Koks, § 78 . . 156
Ueber Braunkohlen und deren Verwendung, § 79 . 164
Vierter Abſchnitt. Heizkraft der Brennmaterialien, § 80 170

Dreizehntes Capitel. Von dem Kalke nach der Calcination 179
Erſter Abſchnitt. Von dem Verhalten eines gut gebrannten Kalks, § 81 179
Zweiter Abſchnitt. Von der Volumverminderug der Kalkſteine nach dem Brennen, § 82 . . . 181
Dritter Abſchnitt. Von der Gewichtsabnahme des Kalks durch das Brennen, § 83 . . . . —
Unterſchied der Kalkarten nach dem Brennen . 182
Luftkalk, hydrauliſcher Kalk, § 85 183
Vierter Abſchnitt. Von dem Gemäße des Kalks im Handel, § 86 185
Fünfter Abſchnitt. Vom Transport des Kalks, § 87 —
Sechster Abſchnitt. Von den zweckmäßigſten Vorſichtsmaßregeln bei Aufbewahrung des gebrannten Kalks, § 88 187

Vierzehntes Capitel. Von dem Gyps . . 188
Erſter Abſchnitt. Vorkommen, Eigenſchaften. — Von dem Brennen und der Verwendung, § 89 . . —
Eigenſchaften des Gypſes, § 90 194

Digitized by Google

Seite

Zweiter Abschnitt. Von den Gypsöfen, § 92 . . . 198
Brennen des Gypses mittelst erhitzten Wasserdampfes, § 94 201
Von dem Zerkleinern des gebrannten Gypses, § 95 205
Dritter Abschnitt. Verhalten des Gypses mit Wasser, § 96 208
Von dem Härten oder Alaunisiren desselben, § 97 211
Das Enkaustiren von Gypsgegenständen, § 98 . 213
Chemische Analyse des Gypses, § 100 214

Zweite Abtheilung.

Von der Zusammensetzung der Mörtel, Bétons, Mastics ꝛc.

Erstes Capitel. Von den Bestandtheilen, die zum Mörtel gehören 216
Erster Abschnitt. Von dem Wasser, § 101 . . —
Zweiter Abschnitt. Von dem Sande, § 103 . . 220
Dritter Abschnitt. Von dem Cendrée, § 107 . . 226
Vierter Abschnitt. Von der Steinkohlenasche (Schlacken), § 108 227
Fünfter Abschnitt. Von der Holzasche, § 109 . . —
Sechster Abschnitt. Von den Schmiedeschlacken, § 110 228
Siebenter Abschnitt. Von den Hohofenschlacken § 111 —
Achter Abschnitt. Von dem Traß, § 112 . . . 230
Neunter Abschnitt. Von der vulkanischen Puzzolane, § 114 233
Hauptgattungen der Puzzolane, § 115 . . . 235
Zehnter Abschnitt. Von den künstlichen Puzzolanen, § 116 238
Gebrannter Thon, § 117 . . . . . —
Chemische Analysen des Kalksteins, § 118 . . 242
Ein Verfahren Vicat's, eine Thonart in Cement zu verwandeln, § 121 245
Gebrannter Schiefer, § 122 247
Calcinirter Basalt, § 123 248
Eisenschüssiger Sandstein, § 124 250
Ockererden, § 125 . . . . . —
Rückstand aus den Salpetersäure-Fabriken, § 126 252
Zweites Capitel. Von den hydraulischen Kalken, § 127 254
Ueber die Lagerstätten hydraulischer Kalke, § 130 . 260

Digitized by Google

Seite

Drittes Capitel. Von künstlichen hydraulischen Kalken und einigen namhaften Cementen, § 131 . 264
Roman-Cement, § 132 265
Galets von Boulogne, § 133 266
Portland-Cement, § 134 268
Cement von Vassy, § 135 . . . . . —
Classification der Cemente, § 137 271
Versuche, § 139 274
Brennen der Mergelarten, § 141 281
Hydraulischer Kalk von Joachimsthal. § 142 . 283
Hydraulischer Kalk von Meermuscheln, § 143 . 284
Beschreibung eines kleinen Ofens zu Versuchen, § 144 285

Viertes Capitel. Von den gewöhnlichen Mörteln, § 145 286
Erster Abschnitt. Von den verschiedenen Arten des Kalklöschens, § 146 286
Von dem Löschen überhaupt, § 147 290
Löschversuche mit Rüdersdorfer Kalkstein, § 150 . 295
Zweiter Abschnitt. Von dem Gedeihen (Wachsen), § 151 297
Dritter Abschnitt. Zusammensetzung der gewöhnlichen Mörtel, § 152 300
Verhalten der Kalkarten, wenn sie in Teig verwandelt ꝛc. werden, § 153 301
Zusammensetzung von besondern Mörteln, § 154 . 306

Fünftes Capitel. Von den hydraulischen Mörteln 308
Erster Abschnitt, § 155 . . . . . —
Hydraulische Mörtel von Kalk und Sand, § 156 . 309
Mörtel von Cement (künstliche Puzzolane), § 157 312
Cement zum Versetzen der Werksteine, § 158 . 314
Grober Cement, § 159 . . . . . —
Mörtel von Kalkasche (cendrée) § 160 . . . —
Mörtel von Steinkohlenasche, § 161 . . . 315
Mörtel mit Holzasche, § 162 . . . . . —
Mörtel von Hammerschlag und Cement, § 163 . 316
Mörtel mit Traß, § 164 . . . . . —
Mörtel von vulcanischer Puzzolane, § 165 . . —
Metallsand-Cement, § 166 317
Zweiter Abschnitt. Hydraulische Mörtel von gemeinem Kalk und künstlicher Puzzolane oder Aehnlichem, § 167 . . . . . —
Dritter Abschnitt. Verhältnisse in den Mischungen der hydraulischen Kalke zu Mörteln, § 168 . . 320

Digitized by Google

Seite

Tabelle von der Zusammensetzung eines Cubikmeters einiger Mörtel § 168 322
Vierter Abschnitt. Mörtel von verschiedener Zusammensetzung, § 169 324
Von dem Austrocknen des Mörtels von hydraulischem Kalk, § 170 328
Sechstes Kapitel. Von den Bétons, Grundmörteln, § 171 329
Erster Abschnitt. Bétons von Trass, § 172 . . . 331
Von vulkanischer Puzzolane, § 173 332
Zweiter Abschnitt. Bétons von künstlicher Puzzolane, § 174 334
Siebentes Kapitel. Von den Kitten (Mastics) . 337
Eintheilung der Kitte, § 175 . . . . —
Erster Abschnitt. Wasserkitte, § 176 338
Zweiter Abschnitt. Oel- oder fette Kitte . . . 341
Achtes Capitel. Von den zur Bereitung des Mörtels nöthigen Maschinen 348
Maschine von Peronet, § 178 . . . . . —
Maschine von Dechamps, § 179 349
Maschine mit Trommelrädern, § 180 . . . 350
Englische Maschine, § 181 . . . . . —
Maschine von St. Léger, § 182 351
Maschine von Krantz, § 183 353
Maschine von Leprince, § 184 . . . . —
Göpelmühle oder Knetmaschine, § 185 . . . 357
Excentrische Mühle des Bogardus, § 186 . . 358
Mörtelbereitungsmaschine von Björkfield, § 187 . 362
Neuntes Capitel. Von der Fabrication künstlicher Steine 364
Fabrication künstlicher Bausteine, § 188 . . —
Künstliche Steine aus Kalkmörtel mit Sand, oder aus Kalk und andern Substanzen, § 190 . . 365
Composition zu architectonischen Verzierungen, § 193 368
Wilson's künstliche Steinmasse, § 194 . . . 369
Zehntes Capitel. Von dem Stucco oder künstlichen Marmor, § 195 370
Von den zu Stucco geeigneten Materialien, § 196 371
Von der Färbung des Stuccos, § 197 . . . 372
Zusammensetzung farbiger Mörtel zum Stucco, § 198 373
Gypsstucco, § 199 374

Digitized by Google

Seite

Bereitung eines künstlichen Marmors nach Boutsson, § 200 375
Von Ausführung der Stuccoarbeiten, § 201 . . 376
Vom Poliren des künstlichen Marmors, § 202 . 377
Gypsgegenstände gegen Witterungseinfluß zu verwahren, § 203 379
Fetter Ueberzug auf Gyps und Stein, von Darcet und Thenard, § 204 . . . . . —

Eilftes Capitel. Von der Veranschlagung des Kalks, § 205 381

Zwölftes Capitel. Veranschlagung des Gypses, § 206 389

Dreizehntes Capitel. Literatur über Kalk, Gyps und Mörtel 392

Einleitung.

Allgemeine Vorbegriffe der Chemie.

§. 1. Bei der wissenschaftlichen Ausbildung, zu welcher die meisten technischen Branchen in der neuern Zeit vorgeschritten sind, dürfen die Grundlehren der Chemie dem denkenden Gewerbsmanne nicht fremd sein. Der Staat sucht dieses durch mehr und mehr verbreitete Unterrichtsanstalten zu fördern, selbst in den bessern niedern Schulen wird hier und da hingearbeitet, den Schülern die wichtigsten chemischen Begriffe beizubringen, damit sie wenigstens erkennen lernen, wie sehr die Wissenschaft sich in jedes Gewerbe, jede Kunst, ja in Alles verästet, was einst die Unterlage ihrer Thätigkeit, ihres Broderwerbs werden soll.

Das in dem Nachstehenden bearbeitete Kapitel aus der Gewerbslehre kann gründlich ohne chemische Beziehungen nicht vorgetragen werden; durch sie gewinnt es erst Lebenskraft; auf ihnen beruht und muß

Digitized by Google

begründet werden, was später zum Fortschritte, zur Verbesserung geschehen soll; denn Stillstand in der Technik, Kunst und Wissenschaft ist nur Krankheit, Fortschritt aber erhöhte Lebenskraft.

Vorausgesetzt, daß derjenige, der die vorliegende Schrift zur Belehrung ergreift, die häufig gebotene Gelegenheit benutzt hat, sich so viel chemische Kenntnisse zu sammeln, als zum Verständniß nothwendig ist, soll hier nur in Kürze in's Gedächtniß zurückgerufen werden, worauf die Schrift nothwendig Beziehung nehmen muß.

§. 2. Man ist übereingekommen, die Grundstoffe durch Buchstaben kurz zu bezeichnen, wozu in der Regel die Anfangsbuchstaben der lateinischen Benennung gewählt worden sind.

Die hier in Betracht kommenden Grundstoffe sind:

Zeichen.	Deutsche Namen.	Lateinische Namen	Mischungs-Gewicht.
Al	Aluminium (Alumium)	Aluminium	171,166
Ba	Barium	Barium	856,880
Ca	Calcium	Calcium	256,019
Cl	Chlor	Chlor	221,325
Fe	Eisen	Ferrum	339,205
K	Kalium	Kalium	489,916
Si	Kiesel	Silicium	277,312
C	Kohlenstoff	Carbonicum	76,438
M	Magnesium	Magnesium	158,353
Mn	Mangan	Manganium	345,887
Na	Natrium	Natrium	290,897
O	Sauerstoff	Oxigenium	100,000
S	Schwefel	Sulphur	201,165
N	Stickstoff	Nitrogenium	88,518
H	Wasserstoff	Hydrogenium	6,240

Anmerkung. Die Angaben der letzten Columne werden weiter unten Anwendung finden.

Digitized by Google

§. 3. Werden gewisse Grundstoffe in gegenseitige innige Berührung gebracht (wobei zuweilen ein vermittelndes Princip wirksam sein muß), so vereinigen sich viele derselben und gehen eine wahre chemische Verbindung ein, d. h., sie durchdringen sich gegenseitig und geben einen, seinen Eigenschaften nach von den betheiligten Grundstoffen ganz verschiedenen Körper. Die Grundstoffe, welche diese Eigenschaft haben, nennt man chemisch-verwandte, den Grund ihrer Vereinigung chemische Verwandtschaft, Affinität.

Sie können sich untereinander in mancherlei Verhältnissen vereinigen — doch ist dabei die Beständigkeit der relativen Gewichtsmengen, welche von beiden Grundstoffen in die chemische Verbindung eingehen, äußerst merkwürdig und ungemein wichtig, daß von diesen constanten Verhältnissen andere nicht Statt finden und alle Theile, die von dem einen oder von dem andern Grundstoffe in der Mischung über die constante Verhältnißzahl vorhanden sein mögen, unvereinigt bleiben.

Diese Zahlenverhältnisse und Berechnungen sind Aufgabe der chemischen Proportions-Lehre oder der Stöchiometrie. Die Mischungsgewichte der hier vorkommenden Grundstoffe giebt die letzte Colonne der obigen Tabelle an.

§. 4. Die mannichfachen, durch Vereinigung einfacher Stoffe (Grundstoffe) hervorgehenden, zusammengesetzten Körper haben wesentlich verschiedene Eigenschaften, wodurch sie sich in gewisse Klassen scheiden.

Einige der wichtigsten Klassen solcher Verbindungen sind:

die Säuren, Oxyde, Basen, Salze ꝛc.

Digitized by Google

1) Die Säuren haben nicht allemal den sauren Geschmack eigenthümlich; deren Hauptkriterium ist, daß sie negativ (—) electrisch sind, d. h., sie scheiden sich aus ihren Verbindungen mit Basen an dem positiven Pol der Volta'schen Säule ab.

Außerdem bilden sie mit Basen entweder unmittelbar Salze, oder sie zersetzen sich und die Basen und es entstehen — unter jedesmaliger Verbindung von Wasser — salzähnliche Verbindungen.

Die Mehrzahl der Säuren ist in Wasser löslich und färbt Lackmuspapier roth.

2) Oxyde entstehen, wenn einfache oder zusammengesetzte Stoffe sich mit Sauerstoff verbinden. Ihnen mangeln die Säureeigenschaften. Sie sind entweder metallische, wenn ein Metall eine Sauerstoffverbindung eingeht — oder nichtmetallisch, wie Kohlenstofforyd, Chloroxyd u. a.

Die Oxyde der Metalle sind ihrem Mischungsverhältnisse gemäß Basen oder keine, je nachdem das Oxyd viel oder wenig Sauerstoff enthält und dadurch fähig oder unfähig ist, sich mit dem andern zu vereinigen oder nicht, d. i., im erstern Falle sich als eine Base zu verhalten. Nichtmetallische Oxyde sind keine Basen.

Diejenigen Oxyde, welche Basen sind, nennt man einfache Oxyde; sind zwei verschiedene Oxyde eines Metalles Basen, so heißt dasjenige von beiden, welches die geringere Menge Sauerstoff enthält, Oxydul. So giebt Eisen zwei Oxyde, in denen sich die Sauerstoffsmengen wie 2 zu 3 verhalten; beide sind aber Basen, daher das eine mit zwei Theilen Eisenoxydul, das andere mit 3 Theilen Sauerstoff Eisenoxyd heißt.

Sind aber Oxyde keine Basen, so haben sie entweder zuviel oder zu wenig Sauerstoff; die erstern nennt man Ueberoxyde (Hyperoxyde, Superoxyde),

Digitized by Google

die letztern Unteroxyde (Suboxyde). Sie folgen also von den ärmsten an: Suboxyd, Base, Hyperoxyd und Säure. So hat Blei vier Sauerstoffverbindungen: Bleisuboxyd (Bleiasche), Bleioxydul, Bleioxyd und Bleisuperoxyd. Mangan hat deren fünf, nämlich: Manganoxydul, Manganoxyd, Mangansuperoxyd, Mangansäure und Uebermangansäure.

Die französischen Chemiker benennen die Oxyde nach der Reihenfolge und nennen das erste mit dem geringsten Sauerstoffgehalt Protoxyd, das zweite Deutoxyd u. s. f., das letzte aber Peroxyd, welches mit „Ueber- — säure" im obigen Beispiele stimmt. Ebenso die Engländer.

3) Basen (salzfähige Grundlagen, bases salifiables) sind zusammengesetzte Körper mit folgenden Eigenschaften:

a. sie verhalten sich positiv electrisch, d. h., sie scheiden sich aus ihren Verbindungen mit Säuren am negativen Pol der Säule ab;

b. sie bilden mit Säuren entweder unmittelbar Salze oder salzähnliche Verbindungen;

c. sie färben in ihrer Lösung geröthetes Lackmuspapier wieder blau, gelbe (Curcumá-) Papiere braun.

Man hat Basen mit Sauerstoff, als auch solche, bei denen ein anderer negativ electrischer, sowohl einfacher als zusammengesetzter Körper den Sauerstoff vertritt, als: Stickstoff, Schwefel, Selen, Chlor ꝛc.

4) Salze entstehen aus der Verbindung der Säuren mit Basen; Säuren, welche Wasserstoff enthalten, bilden salzähnliche Verbindungen.

Wie bei den Basen hat man Salze, in deren Säure und Base Sauerstoff enthalten ist: Sauerstoffsalze; ferner solche, in deren Säure und Base kein Sauerstoff enthalten ist: Schwefelsalze, Chlorsalze ꝛc.

Digitized by Google

Es giebt einfache und Doppelsalze.

Neutrale Salze nennt man diejenigen, in welchen der Sauerstoff der Säure in einem bestimmten multiplen Verhältniß zum Sauerstoff der Base steht.

Saure Salze, wenn das multiple Verhältniß ein größeres ist, als in dem neutralen.

Basische Salze, wenn dasselbe ein kleineres, als in dem neutralen ist.

Bei Benennung der Salze macht man stets die Base zum Hauptworte und aus dem Namen der Säure ein Beiwort, z. B., schwefelsaures Natron, phosphorsaurer Kalk ꝛc. Ist es ein saures oder basisches Salz, so setzt man: saures oder basisches schwefelsaures Kali ꝛc.

Die französischen Chemiker bilden aus acide sulfurique das Wort sulfate, welches ein schwefelsaures Salz anzeigt; so ist phosphate ein phosphorsaures, nitrate ein salpetersaures Salz; daraus sulfate de chaux (schwefelsaurer Kalk), sulfate de fer (schwefelsaures Eisen).

Giebt ein einfacher Körper mit Sauerstoff mehr als eine Säure, so bezeichnet man die, welche weniger Sauerstoff enthält, als schwefelige, phosphorige ꝛc. Säure. Sind mehr Säuren vorhanden, so bedient man sich folgender Benennungen:

Unterschweflige Säure, schweflige Säure, Unterschwefelsäure, Schwefelsäure, deren erste den wenigsten Sauerstoff enthält. Es sind nämlich die beziehlichen Formeln: S̈, S, S̈ und S.

Die Franzosen bilden aus acide sulfureux das Wort sulfite und bezeichnen, z. B., schwefligsauren Kalk durch sulfite de chaux. So auch die Engländer, deren Steigerung nach obigem Beispiele ist dann:

Digitized by Google

Ac. hyposulfureux (hyposulfurous ac.), ac. sulfureux*) (sulphurous ac.), ac. hyposulfurique (hypo sulphuric ac.) und ac. sulfurique**) (sulphuric ac.).

Auch das Waſſer bildet mit andern Stoffen viele chemiſche Verbindungen. Mit den Oxyden (einigen Superoxyden) und Grundſtoffen vereinigt es ſich zu Hydraten, worin es entweder als Baſis oder als Säure angeſehen werden kann, je nachdem das Oxyd eine Säure oder eine Baſis iſt. Dieſe Verbindungen werden gewöhnlich erſt durch höhere Temperatur, bisweilen erſt durch Glühhitze, bei einigen Stoffen ſogar auch dadurch nicht aufgehoben.

Mit vielen Salzen, manchmal auch mit Oxydhydraten, verbindet ſich das Waſſer zu feſten kryſtalliſirbaren Körpern. Man nennt es in dieſem Zuſtande Kryſtallwaſſer.

Da das Waſſer aus 2 Aequivalenten Waſſerſtoff und 1 Aequivalent Sauerſtoff beſteht, ſo iſt deſſen Formel $= \dot{H}$; Kalkerde, die an der Luft zerfallen iſt, hat zur Formel: $Ca\,\dot{C} + Ca\,\dot{H}$, beſteht alſo aus kohlenſaurem Kalk + Kalkhydrat.

§. 5. Verbinden ſich zwei oder mehre Körper, ſo drückt man dieſes durch Zuſammenſtellung der chemiſchen Zeichen aus; dergeſtalt iſt die Verbindung des Calcium (Ca) mit Sauerſtoff (O) $= Ca + O$, d. i., Calciumoxyd oder Kalk. Dergleichen Ausdrücke nennt man chemiſche Formeln. Die Formel des Waſſers iſt $2H + O$, d. h., das Waſſer beſteht aus 2 Proportionalen Waſſerſtoff und 1 Proportionale***) Sauerſtoff.

---

*) Sulfite de . . .

**) Sulfate de . . .

***) Die Gewichtsmengen der Stoffe, die ſich auf den Sauerſtoff beziehen, wenn man dieſen gleich $100_{,000}$ ſetzt, nennt man Miſchungsgewichte, Atomgewichte. Un-

Digitized by Google

Zwei Aequivalente werden auch durch einen Querstrich in dem untern Theile des Zeichens angedeutet. Nach dieser Bezeichnung ist die Formel des Wassers $(2H + O) = \overline{H + O}$. Da aber auch bei dieser Abkürzung manche Formeln ziemlich lang werden würden, hat man auch die Aequivalente des Sauerstoffs ihrer Anzahl nach bloß durch Puncte bezeichnet, die man über das Zeichen des Stoffes setzt. So ist die Formel desjenigen Schwefeloxyds, welches die Schwefelsäure ist, ursprünglich $S + 3O$, abgekürzt $\dot{S}$; die obige des Kalkes $\dot{C}a$.

Die Anzahl der Aequivalente des Schwefels, mit welchen er in eine Verbindung mit einem andern Körper tritt, wird ähnlich, jedoch durch Komata, bezeichnet.

Es ist nemlich das einfache Schwefeleisen ursprünglich $= Fe + S$, einfacher bezeichnet Fe; eine andere dergleichen Verbindung, die ursprünglich $2Fe + 3S$ ist, drückt man kürzer durch $\overline{Fe}$ aus. So würde sich auch rückwärts die Formel $\dot{A}l\dot{S}3$ auflösen in $(2Al + 3O) + 3(S + 3O)$, welches zwei Drittel schwefelsaure Thonerde ist.

Es ist nemlich gewöhnlich die Anzahl der Proportionale eines Körpers (wie hier $\dot{S}$), welche in der Verbindung vorhanden sind, wie hier mit einer kleinen Zahl anzugeben, die man oben oder unten neben das Zeichen setzt. In obiger Formel wird auf diese Weise angezeigt, das 3 Aequivalente der Schwefelsäure ($\dot{S}$) in der Verbindung sind.

Noch bedient man sich bei organischen Säuren eines kleinen, horizontalen Striches, z. B., $\underline{T}$, $\underline{A}$,

---

ter einem Proportional ist die Menge eines Körpers zu verstehen, welche durch die Zahl des Mischungsgewichtes angedeutet wird. Man nennt es auch chemisches Aequivalent.

Weinsteinsäure, Essigsäure, dagegen man bei anorganischen Säuren nur die früher angegebene Bezeichnung braucht, z. B., Kieselsäure = Si, Salpetersäure = N.

§. 6. Die folgende Tabelle enthält einige Verbindungen, auf die in der Schrift Beziehung genommen werden wird, mit Angabe deren Mischungsgewichte.

Namen.	Zeichen.	Mischungs-Gewicht.
Baryterde	Ba	956,9
Bittererde	M	258,4
Chlorcalcium	CaCl	698,7
Eisenoxydul	Fe	439,2
Eisenoxyd	Fe	978,4
Essigsäure . . . $C^4H^6O^2$,	A	643,2
Kali	K	589,9
Kalkerde	Ca	356,0
Kalkerdehydrat	CaH	468,5
Kieselsäure	Si	577,3
Kohlensäure	C	276,4
Kohlensaure Baryterde . .	BaC	1233,3
Kohlensaures Kali	KC	866,4
Kohlensaure Kalkerde . . .	CaC	632,5
Kohlensaures Natron . . .	NaC	667,3
Mennige	PbPb	. . . 4283,5
Natron	Na	290,9
Salpetersäure	N	677,0
Schwefelsäure	S	501,2
Schwefelsaure Kalkerde . .	CaS	857,2
Schwefelwasserstoff . . .	H	213,7
Stickstoffoxyd	N	188,5
Wasser	H	112,5

§. 7. Einiges aus der Stöchiometrie. Eine allgemeine Regel der Verbindungsweise der Grundstoffe und ihrer Verbindungen ist, daß nur

Grundstoffe mit Grundstoffen, und Verbindungen sich nur mit Verbindungen desselben Grades vereinigen, wovon jedoch einige Ausnahmen vorkommen, unter die vor allen das Wasser gehört.

Das Mischnngsgewicht einer Verbindung besteht aus der Summe der Mischungsgewichte der Bestandtheile. Es ist, z. B., die Salpetersäure N, sie besteht sonach aus 2 Aequivalenten Stickstoff und 5 Aequivalenten Sauerstoff; das Mischungsgewicht der Salpetersäure ist daher $2 \cdot 885{,}18 + 5 \cdot 100 = 177{,}036 + 500{,}0 = 677{,}036$.

Die Mischungsgewichte der Grundstoffe sind nur Verhältnißzahlen, die sich auf die für den Sauerstoff angenommene Verhältnißzahl 100,00 beziehen und durchaus keine absolute Gewichtsmenge bezeichnen.

Kennt man aber das Mischungsgewicht einer Verbindung und das Mischungsgewicht eines jeden Bestandtheils, so läßt sich von einer absoluten Gewichtsmenge (Pfunde, Lothe ꝛc.) die darin enthaltene Gewichtsmenge jedes Bestandtheils berechnen.

Z. B. Wie viel Loth Sauerstoff sind in einem Pfund Braunstein enthalten?

1) Das Mischungsgewicht des Braunsteins oder Manganſuperoxyds (Mn) . . . . = 545,9
Gehalt an Sauerstoff (2O) . . = 200,0

Folglich verhält sich:

545,9 : 200,0 = 32 Lth. : x Lth.

$$\frac{200 \cdot 32}{545{,}9} = x = 11{,}7 \text{ Lth. Sauerstoff.}$$

Das Wasser besteht aus 2H + O. Das Mischungsgewicht des Wasserstoffgases = 6,240
" des Sauerstoffs = 100,0
folglich $2H = 2 \cdot 6{,}240 = 12{,}480$ und
$2H = +O = 12{,}480 + 100 = 112{,}48$, Mischungsgewicht des Wassers.

Digitized by Google

Das Mischungsgewicht der Salpetersäure war oben = 677,036 gefunden worden, wie viel sind in 100 Theilen an Stickstoff und Sauerstoff vorhanden? Formel = N;

2N = 177,036; 5O = 500. Man setze daher:

677,036 : 100 = 177,036 : x

x = 26,15 Theile Stickstoff — und

677,036 : 100 = 500 : x

x = 73,85 Theile Sauerstoff.

4) Wie viel Sauerstoff ist in 100 Theilen Kohlensäure enthalten, wovon die Formel = C?

Da das Atomgewicht des Kohlenstoffs = 76,437, das des Sauerstoffs = 100, so hat man 2O = 200,00 und 2O + C = 276,437, Mischungsgewicht der Kohlensäure.

Daher 276,437 : 100 = 200 : x

$$\frac{100 \cdot 200}{276{,}437} = 72{,}349 \text{ Proc. Sauerstoff.}$$

5) Wie viel Kohlensäure ist erforderlich, um mit 100 Theilen ätzendem Kalk ein neutrales Salz zu bilden?

(Bekanntlich hat bei allen neutralen kohlensauren Salzen die Säure doppelt so vielen Sauerstoff als die Base; 100 Theile Aetzkalk enthalten 28,09 Theile Sauerstoff, 100 Theile Kohlensäure, 72,35 Theile Sauerstoff.)

Digitized by Google

Erste Abtheilung.

Von dem lebendigen Kalk (Aetzkalk), Gyps und deren Fabrication.

Erstes Capitel.

Von dem Aetzkalk und seinen Eigenschaften.

Erster Abschnitt.

Von dem Aetzkalke überhaupt.

§. 8. Der Grundstoff des lebendigen oder Aetzkalks (Kalk, Kalkerde, chaux, terre calcaire, chaux vive, lime) (Ca) ist das Calcium (Ca), ein einfacher metallischer Grundstoff, silberweiß, fest, entzündet sich leicht an der Luft, verbrennt, oxydirt sich zu Kalk.

Der Aetzkalk (Calciumoxyd), dessen Mischungsgewicht = 356,019 ist, besteht aus 100 Theilen Calcium und 39,86 Theilen Sauerstoff.

§. 9. Der Aetzkalk kommt in der Natur nie rein vor (allenfalls in einigen vulcanischen Produc-

Digitized by Google

ten), wird vielmehr wegen seiner außerordentlichen Affinität zum Wasser und zu Säuren nur mit diesen verbunden angetroffen.

Unter der Menge von Säuren, die mit ihm Verbindungen eingehen, sind für unsern Zweck die Kohlen-, Schwefel- und Kieselsäure die wichtigsten.

Mit Kohlensäure verbunden, zu welcher er die meiste Affinität hat, giebt er den kohlensauren Kalk (CaC), carbonate de chaux, carbonate of lime, welcher, mächtige Gebirgszüge bildend, der Hauptbestandtheil der Marmorarten, der meisten Bausteine, verschiedener kohlensaurer Krystallgebilde ist. Neutral kommt er krystallisirt als Kalkspath und Arragonit, krystallinisch als weißer Marmor, erdig als Kreide, Schaumkalk, Kalkmergel vor; bildet die Schnecken- und Muschelschalen und einen großen Gemengtheil der Ackererden. Er hält durchschnittlich 5 Gewichtstheile Kalk auf 4 Gewichtstheile Kohlensäure, oder besteht aus 56,29 Kalk und 43,71 Kohlensäure.

In seiner Verbindung mit Schwefelsäure constituirt er den Gyps. Mit Phosphorsäure macht er den Hauptbestandtheil der Thierknochen; mit kohlensaurer Magnesia verbunden wird er Dolomit; der chlorsaure Kalk wird häufig als Bleichmittel benutzt ꝛc. Ueberhaupt ist die Anwendung des Kalkes, namentlich im ätzenden Zustande, höchst mannichfaltig. Die erste und allgemeinste ist die zu Mörtel, zum Berapp und Abputz an Gebäuden; dann zur Bereitung von ätzendem Kali, Natron, Ammoniak, und zum Behufe vieler andern chemischen Processe; in der Technik bei der Seifensiederei, Bleicherei, Färberei, Gerberei, Pergamentfabrication; zum Schäumen des Zuckersaftes in den Colonien, des Runkelrübensaftes; zum Reinigen des Beleuchtungsgases und anderer Gase; bei der Glasfabrication; in der Oeconomie; zum Absorbiren

Digitized by Google

der Feuchtigkeit in geschlossenen Räumen; zu Kitten, Fußböden ꝛc.; als Polirmittel und zu vielem Andern.

Aus der kohlensauren Verbindung gewinnt man den Aetzkalk durch Glühen, wozu die dunkle Rothglühhitze nicht, wohl aber die lebhafte hinreicht. Es wird dadurch die Kohlensäure ausgetrieben und bleibt Calciumoxyd (Kalkerde) zurück, die jedoch bei dem gewöhnlichen Brennen für technische Zwecke selten ganz rein erhalten wird und theils noch einigen Antheil an Kohlensäure, Bittererde, Eisenoxyd, kieselsaure Thonerde und andere Stoffe enthält, je nach der Zusammensetzung der verwendeten Kalksteine. Nur der reine Marmor liefert die Kalkerde am reinsten.

§. 10. Die Kohlensäure, C, ist eine Verbindung des Kohlenstoffs mit Sauerstoff, ein schwach säuerlich riechendes und schmeckendes, coërcibles Gas; specifisches Gewicht 1,524; findet sich stets in der atmosphärischen Luft, die es schon bei 9 Procent vom Volumen für das Einathmen und Brennen der Flamme untauglich, erstickend machen kann. Sie röthet schwach das feuchte Lackmuspapier, und schlägt aus Baryt- und Kalkwasser diese Grundstoffe als kohlensaure Salze nieder. Ein Raumtheil Wasser verschluckt unter dem gewöhnlichen Luftdrucke einen gleichen Raumtheil kohlensauren Gases.

Die Kohlensäure verbindet sich mit vielen, zumal den starken Basen, wird aber durch die meisten Säuren aus ihren Salzen unter Aufbrausen ausgetrieben.

Sie quillt an manchen Stellen in großer Menge als Gas aus der Erde (Hundsgrotte bei Neapel, Dunsthöhle bei Pyrmont, Brohlthal am Rhein, an welchem letztern Orte sie sogar technisch benutzt wird), am Laacher See, wo es sich in Gruben ansammelt,

Digitized by Google

und wird in vulcanischen Gegenden aus dem kohlensauren Kalk der Gebirgsformationen durch Hitze entbunden. Oft kommt es aus Quellen in starken Strömen hervor und bildet die Säuerlinge (Mineralwasser); sammelt sich häufig in Kellern, Brunnen, Bergwerken (stickende Wetter), und wird erzeugt durch das Verbrennen des Kohlenstoffs (des Diamants so gut, wie des Lampenrußes), durch das Athmen der Menschen und Thiere, durch die Weingährung und Fäulniß.

Zweiter Abschnitt.

Von den Eigenschaften des Aetzkalks (Lederkalk, fälschlich Bitterkalk*)).

§. 11. Der Aetzkalk ist je nach der Reinheit seines Zustandes weiß, meist weißgrau oder schmutzig weiß, zerbröcklicher als der rohe Kalkstein, doch noch fest genug, um sich in Stücken transportiren zu lassen. Bei manchem Kalk ist nach dem Brennen die krystallinische Beschaffenheit noch erkennbar. Er ist ätzend, schmeckt laugenhaft, scharf, zerstört thierige Gebilde. Er krystallisirt in rhomboidalen Prismen, schmilzt unvermischt in keinem Ofenfeuer, wohl aber in der Kette großer Volta'scher Batterien und im Knallgasgebläse. Der Aetzkalk löst sich in 450 (nach Davy), in 750 (nach Phillips), in 778 (nach Kurr) Theilen Wasser von 15,6° C. auf, weniger in heißem, und kochendes gehören 1280 Theile zu dessen Lösung. Sein specifisches Gewicht ist 2,3, sein

*) Unter „Bitterkalk" wird man sich stets das Fossil — kohlensaurer Kalk + kohlensaure Magnesia (Dolomit) — denken müssen. Siehe §. 20.

Digitized by Google

absolutes gegen 151 Pfund pr. preuß. Cubik Fuß; ein Cubik-Decimeter Aetzkalk wiegt 2,3 Kilogramm*) Er ist in in hohem Grade porös.

In Folge dieser Porosität saugt der gebrannte Kalk das Wasser — ungefähr 18 bis 24 Procent — mit Heftigkeit ein, wobei die in den Zwischenräumen befindliche Luft mit Geräusch vertrieben wird. Nach wenigen Minuten, bei manchem Kalke viel später, fängt der vollgesogene Kalk an sich zu erwärmen; von diesem Augenblicke an geht die Bindung des Wassers vor sich. Die Kalkstücke zerspringen unter Knistern und Abblättern; die Bruchstücke und Blätter zerfallen unter Ausstoßung von Dampf weiter und weiter, bis endlich das Ganze, unter bedeutender Vermehrung seines Volumens, eine gleichförmige Masse eines schneeweißen, feuchten, zarten Pulvers bildet. Es hat sich der gebrannte Kalk nun in Kalkhydrat, gelöschten Kalk verwandelt; die Operation nennt man „Löschen (extinction)".

Bei der Bildung von Kalkhydrat (CaH_2) nehmen 100 Theile reiner Kalk 32 Theile, also beinahe $\frac{1}{3}$ Wasser auf. Die bedeutende Wärmeentwickelung — es tritt noch Siedehitze ein, wenn man den Kalk mit der dreifachen Menge Wasser übergießt — hat demnächst ihre Ursache in dem Uebergange des flüssigen Wassers in festes, muß jedoch mehr in der chemischen Thätigkeit überhaupt gesucht werden. Wenn man einen großen Ueberschuß von Wasser nimmt, so wird die entwickelte Menge weniger intensiv; sie ist bedeutender bei geringem Zusatze und erreicht ihren Höhepunct, wenn man gerade so viel beigiebt, als gebunden wird. Sie steigt dann bis zur Entzündung

*) Der preußische Cubikfuß destillirtes Wasser wiegt bei 15° R. 66 preuß. Pfund; der Cubikmeter bei 3,5° R., 1000 Kilogramme.

Digitized by Google

von Schwefel und Schießpulver, ja selbst von Holz. Im Allgemeinen ist die Hitze um so bedeutender, je rascher sich der Kalk löscht, d. h., je reiner und je besser er gebrannt ist. —

Die Temperaturerhöhung ist von großem Einfluß auf die Güte des Kalkes, sie muß daher genau beobachtet und durch den richtigen Wasserzusatz regulirt werden.

Löscht man den Kalk nur mit soviel Wasser, als er verschluckt, so bildet er kein zartes, sondern ein sandartiges (grobkrystallinisches) Pulver; der Kalk in diesem Zustande, sagt man, ist *verbrannt*, d. h., durch falsches Löschen mager geworden. Die Maurer löschen ihn deßhalb gleich zu *Brei*, *Kalkbrei*, wozu, nach Beschaffenheit der Kalksorte, etwas mehr als drei Theile Wasser gehören. Bei einem Versuche mit Rüdersdorfer gebranntem Kalke gaben 83½ Pfund durch Löschen 281 Pfund steifen Brei, hatten folglich 197½ Pfund Wasser oder ihr 2,4 Gewicht aufgenommen.. Sein Volumen war dabei auf's 3½-fache vermehrt. Diese Volumenvermehrung schwankt gewöhnlich zwischen 3⅓ bis 3⅗ und heißt das „*Gedeihen*, *Wachsen*.(foisonnement)"; sie hängt sehr von dem Brennen, der Reinheit der Kalksteine und von der Art zu löschen ab.

Wird der Kalk, z. B., nur kurze Zeit in einem Korbe untergetaucht, so daß er zu Pulver zerfällt, und dieses dann mit Wasser zu Teig angemacht, so wächst er nur zu 2½, an der Luft zerfallener, dann zu Brei gelöschter Kalk nur 1,7 Volum.

§. 12. Setzt man gebrannten Kalk der Luft, besonders feuchter, aus, so zieht er Kohlensäure und Wasser an, vermehrt etwas sein Volumen, zerfällt langsam in Pulver — er *stirbt ab*. Man nennt dergleichen zerfallenen Kalk auch *abgestandenen*

Digitized by Google

Kalk. Das Pulver ist nicht wie bei'm gewöhnlichen Löschen fein, sondern rauh anzufühlen und mit kleinen, eckigen, ziemlich harten Körnern untermischt. Es brauſ't mit Säuren stark auf, wird aber nie zu reinem, kohlensaurem Kalke, selbst nach Jahren nicht, vielmehr zu einer Doppelverbindung aus gleichen Theilen neutralem, kohlensaurem Kalk und Kalkhydrat, $\dot{C}a\ddot{C} + \dot{C}a\ddot{H}$, welche sich nicht mehr löschen läßt, zerfallener Kalk.*)

§. 13. Kalkbrei (chaux fondue) mit Wasser verdünnt liefert die Kalkmilch (lait de chaux). Das mit Kalk gesättigte Wasser — 1 Theil Kalk, 778 Theile Wasser von 15,6° C. — heißt Kalkwasser. Dieses ist farblos, klar, schmeckt zusammenziehend, gelind alkalisch, reagirt eben so und setzt durch Anziehung von Kohlensäure ein dünnes krystallinisches Häutchen auf der Oberfläche ab, welches allmählich niederfällt, um einem andern Platz zu machen. Dieser Proceß setzt lange so fort, bis sich aller kohlensaure Kalk niedergeschlagen hat. — Kalkwasser, sowie aller gebrannter Kalk kann nur in luftdichten Gefäßen aufbewahrt werden. Der Transport des Aetzkalkes wird gefährlich bei Zutritt von Feuchtigkeit und sind die Beispiele nicht selten, daß Kähne und Fuhrwerke dadurch in Brand gerathen sind.

Das Kalkwasser hat, wie bemerkt, eine starke alkalische Reaction. Die meisten Kalksteine enthalten nemlich Chlornatrium und kieselsaures Kali; diese Salze werden durch den Einfluß des Aetzkali's zerlegt; es bildet sich Aetznatron und Aetzkali, welche (bei Steinkohlenbrand) theils schweflige Säure aufnehmen und an der Luft dann zu Schwefelsäure

*) Das specielle Verfahren bei'm Löschen des Kalkes siehe §. 127.

Digitized by Google

werden, theils Kohlensäure, um kohlensaure Alkalien zu bilden.

In Berührung mit Wasser entsteht aus dem letzteren wieder Aetzkali. Diese Beobachtung ist von Wichtigkeit für die meisten Verwendungen des Kalkes.

§. 14. Nächst obigen Antheilen an Kali und Natron treten in den Kalksteinen noch andere fremdartige Verbindungen auf, die zweierlei Natur sind.

Zu den einen gehören die Verbindungen der Kohlensäure mit Eisenoxydul, Manganoxydul und Bittererde, welche isomorph mit der Kalkerde sind.*)

Schon in dem Kalkspath, also dem vollkommen krystallisirten Mineral, findet sich kohlensaure Bittererde in Spuren bis zu gleichen Aequivalenten (Bitterspath), wie in dem einzelnen Mineral, so in dem Kalkfelsen als Ganzes. Mit dem steigenden Gehalt an Bittererde gehen dieselben in Dolomite über und nehmen in demselben Grade als Kalk ein verschiedenes Verhalten an. Während reiner, gebrannter Kalk mit großer Kraft und Wärmeentwickelung Wasser anzieht und damit leicht einen zähen, unfühlbar zarten Teig bildet, löschen sich die magnesiaführenden Kalke um so langsamer und unvollkommner, sind weniger hitzig, je mehr sie sich dem Dolomit nähern.

---

*) Körper, die unter gleichen Umständen, d. i. bei Gleichheit der Basen, der Neutralisation und gleichem Wassergehalt, gleiche Krystallform besitzen, nennt man, nach Mitscherlich, isomorphe Körper, d. h. Körper von gleicher Gestalt.

So tritt in obigem Falle in derselben Krystallform der kohlensaure Kalk, wie auch Eisenoxydul, Bittererde ꝛc. mit derselben Säure verbunden neben einander auf.

Digitized by Google

Der Kalk aus Marmor, Kalkspath, Muschelschalen ꝛc., der nur 1 bis 6 Procent fremde Bestandtheile enthält, bei'm Löschen sein Volumen bedeutend vergrößert, viel Wasser verschluckt, lange Zeit gleichsam speckig, schlüpfrig bleibt (daher bei der Bereitung des Mörtels viel Sand verträgt), wird von den Maurern fetter Kalk genannt.

Dagegen heißen die Kalke, die 15 bis 30 Procent fremde Substanzen, als Magnesia, Eisenoxyd, etwas Thon enthalten, weniger Wasser bei'm Löschen annehmen, weniger gedeihen, sich körnig anfühlen, weniger schlüpfrig und von geringerer Bindekraft sind (daher auch weniger Sand vertragen), magere Kalke.

Durch unvollkommenes Brennen kann ein ziemlich reiner Kalk mager werden.

Man hat die Bemerkung gemacht, daß der (gut gebrannte) Kalk bei trockenen Jahren um ein Ansehnliches ergiebiger und bindender ist.

§. 15. Neben den kohlensauren Salzen sind die Kieselerde und Thonerde in den Kalksteinen von Interesse.

Sie sind in den verschiedensten Verhältnissen, sehr häufig zu Thon verbunden, theils mit einem Magnesiagehalte gemeinschaftlich, theils allein vorhanden.

Häufig ist die Kieselerde, niemals die Thonerde im Ueberschuß, so daß beide zusammen nach dem Auflösen in Säuren als Niederschlag bleiben. Beträgt dieser Gehalt 10 Procent und darüber, so bedingen sie ebenfalls einen magern Kalk.

Die bituminösen Theile und der Wassergehalt mancher Kalksteine sind für das Verhalten bei der Verwendung gleichgültig, da sie durch das Brennen zerstört werden.

Digitized by Google

Setzt man ein Stück reinen Kalkstein (Kreide, weißen Marmor) der Einwirkung von Salz- oder Salpetersäure (Essig-, Schwefelsäure ꝛc.) aus, so entweicht das kohlensaure Gas mit Heftigkeit, der Kalk bleibt aufgelöst in der Säure, es bildet sich mit Salzsäure Chlorcalcium; fremde Theile, wie etwa kieselsaure Thonerde, scheiden sich als Bodensatz (Sediment) ab.

Das Verhalten der Kalksteine, die nicht reiner kohlensaurer Kalk sind, im Feuer ist, wie es Knapp darstellt, folgendes:

Alle übrigen kohlensauren Salze verlieren ebenso ihre Kohlensäure, wie der Kalk, die Bittererde bleibt rein (als Mg) zurück, während sich das Mangan- und Eisenoxydul sofort höher oxydiren. Das Wasser wird einfach ausgetrieben, die bituminösen, organischen Theile werden verkohlt. Dagegen findet eine sehr wichtige Wechselwirkung zwischen der Kieselerde, sowohl der freien, als der an Thonerde gebundenen, statt.

Der Kalk, einmal ätzend geworden, verbindet sich nemlich bei der Glühhitze mit der freien Kieselerde oder zersetzt das Thonerdesilicat dadurch, daß er sich in diese Verbindung, ein Thonerdesilicat bildend, einschiebt; er wirkt, wie man sagt, aufschließend darauf.

§. 16. Von dem Kiesel und der Kieselerde. Das Kiesel, silicium (Si), ist hier weniger als Grundstoff, als in seiner Sauerstoffverbindung, als Kieselsäure, Kieselerde (silice, silicie acid Si) wichtig und ein Hauptbestandtheil sehr vieler Fossilien; findet sich theils ziemlich rein als Bergkrystall, Quarz, Chalcedon ꝛc., meistens mit Thonerde, Kalk, Magnesia, Kali, Natron ꝛc. verbunden.

Die Kieselerde (Si) ist aus 1 Gewichtstheil Kiesel (277,312) und 3 Gewichtstheilen Sauerstoff

Digitized by Google

(3 • 100,0) zusammengesetzt, daher deren Mischungsgewicht = 577,312. Die gefärbten oder unreinen Stücke enthalten Metalloxyde, Eisen-, Manganoxyd und dergleichen. Unter allen Säuren vermag nur Flußsäure sie zu lösen.

Man unterscheidet:

1) Bergkrystall (krystallisirter Quarz, quarz hialin);

2) Amethyst (violblauer Quarz);

3) Gemeiner Quarz, welcher ausgewittert, in körnigem oder sandigem Zustande, als Quarzsand, gemeiner Sand, hier besonders beziehungsreich ist.

Der Quarz macht einen Hauptbestandtheil aller Gebirgsformationen aus, namentlich aber der Ur- und Uebergangsgebirge und scheint wenigstens ein Drittel des bekannten Theils der Erdrinde zu constituiren. Wo er chemisch mit einem Mineral verbunden ist, da scheidet er sich aus der Auflösung desselben in Salpetersäure oder in Aetzkalilauge, welche mit Salpetersäure gesättigt wurde, in Gestalt einer Gallerte aus.

Unter der Menge Abarten, wovon viele zu Schmucksteinen verwendet werden, wollen wir nur des Bimssteins, ein vulkanisches Product, den Sand, eine Zersetzung vielfältiger Felsarten, namentlich der quarzreichen, des Sandsteins, eine Verbindung von größern und kleinern Quarzkörnern, durch ein thoniges, kalkiges, auch quarziges, eisenschüssiges Bindemittel verkittet, als den Stoff der vorliegenden Schrift näher berührend, erwähnen.

Kiesel vereint sich mit Metallen, z. B., zu Kieseleisen, Kieselplatin ꝛc., wenn man Kieselerde, Kohle und Metalle mit einander stark glüht. Mehr über seine technische Verwendung wird später vorkommen.

Digitized by Google

Zweites Capitel.

Von der Gewinnung des Aetzkalks im Allgemeinen.

§. 17. Die Calcinirung des Kalksteins, um lebendigen Kalk zu erzeugen, ist seit undenklichen Zeiten bekannt.

Das wahrscheinlich älteste Verfahren ist unstreitig das Brennen in Gruben und in Meilern, wodurch viel Holz verschwendet und selten die richtige Gare erlangt wird. Bei dem Brand in Meilern (en tas) werden die Kalksteine mit Steinkohlen geschichtet und im Allgemeinen wie bei'm Kohlenbrennen verfahren. Ein vervollkommneter Meiler oder Feldofen (four de campagne) besteht aus einem kreisförmigen, 1½ Meter hohen, 4 bis 5 Meter im Durchmesser haltenden trockenen Mauerwerk, worin man die Kalksteine mit Holz, Torf oder Steinkohle schichtet. Die untere aus Reisigbündeln gebildete Lage dient, den ganzen Meiler anzuzünden. Gelangt das Feuer bis gegen die Mitte der Höhe, so deckt man den obern Theil mit Rasen, damit das Brennen langsamer und gleichförmiger erfolge.

Später wandte man, anstatt der trocken zusammengesetzten Meileröfen, förmlich aufgemauerte Oefen von abgestumpfter conischer Form an, deren große Grundebene nach oben gekehrt war, worin periodisch gebrannt wurde (fours intermittents). Endlich erlangte man eine große Ersparniß an Brennmaterial und Kosten durch das System der stetigen Oefen (fours coulants, à feu continu). Wir werden in

Digitized by Google

einem spätern Capitel auf die Construction der verschiedenen Oefen zurückkommen.

Was die Kunst des Kalkbrenners ausmacht ist:

1) Die Wahl der Rohstoffe;

2) die Mittel und das Verfahren, dieselben zu calciniren;

3) die Kenntniß der vortheilhaftesten Construction der Oefen, die sich den zu verarbeitenden Kalksteinen, der verlangten Eigenschaft des gebrannten Kalkes und des Brennmaterials anpassen muß, endlich

4) die Handhabung und Leitung des Feuers, um den Grad des Brennens zu erreichen, welcher je nach der Beschaffenheit der Rohstoffe, die zu Kalk gebrannt werden sollen, erfordert wird, um das Product nicht zu verschlechtern.

Das Brennen des Kalkes wird bei Bauten oft in's Große betrieben. Obschon die Operation sehr einfach ist, erfordert sie doch viel Vorsicht, wie man sich aus dem Nachfolgenden überzeugen wird. In den spätern Capiteln werden wir die Untersuchungen und Resultate kennen lernen, zu welchen man nach zahlreichen Versuchen gelangt ist, um die beste Qualität Kalk zu erzielen.

Digitized by Google

Drittes Capitel.

Von der Wahl der Rohstoffe, die sich zum Kalkbrennen eignen.

§. 18. Fast alle Schriftsteller, die über Kalk geschrieben haben, geben nur unzureichende, oft unrichtige Notizen über die Steinarten zum Kalkbrennen. Die Mehrzahl behauptet, daß die härtesten, schwersten, hellfarbenen, die von feinem und gleichartigem Korn und größerer Dichtheit den besten Kalk geben. Daraus ist denn gefolgert worden, daß der aus Marmor erzeugte Kalk besser sei, als der aus gemeinem Kalkstein. Aus den Untersuchungen Smeaton's und M. Vicat's geht jedoch hervor, daß weder Farbe, weder Gefüge, noch Härte, noch specifische Schwere genügende Kennzeichen der Eigenschaften eines Kalksteins sind; mit einem Wort, es ist nicht möglich, aus der physischen Characteristik der Steine auf die Qualität des Kalks, den man aus ihnen erlangen wird, einen sichern Schluß zu ziehen. Nur durch Proben und Untersuchungen, die wir unten besprechen werden, läßt sich im Voraus die Beschaffenheit des Kalks ermitteln, den eine Steinart oder ein Haufen Muscheln geben werden. Indeß kann man versichert sein, Kalk aus allen kalkartigen Steinen zu erhalten, von dem reinsten Marmor bis zu den mannichfaltigsten gemischten Steinen, die nur einigermaßen einen bedeutenderen Kohlensäuregehalt haben, d. h., daß stets das Product der Calcination dieser Materialien die Eigenschaft haben wird, sich

Digitized by Google

mit Wasser zu erhitzen, auszudehnen und einen Teig zu bilden, nur daß einige fetten, andere magern und noch andere hydraulischen Kalk geben.

Der kohlensaure Kalk im Allgemeinen bildet mächtige Gebirgszüge und ist auf der Oberfläche der Erde dermaßen verbreitet, daß man ihn zur Hälfte der ganzen Erdrinde annehmen kann.

§. 19. In geognostischer Hinsicht theilt man den Kalk ein in:

1) Urkalk, körniger Kalk;

2) Flötzkalk, Grauwacken- oder Uebergangskalk; Bergkalk (Kohlenkalk); Zechstein (älterer Flötzkalk); Muschelkalk (jüngerer Flötzkalk); Liaskalk (Gryphitenkalk); Jurakalk mit seinen verschiedenen Unterabtheilungen, worin der Oolithenkalk, merglicher Kalkstein, der Oxford-clay, der Korallenkalk, der Dolomit; die Kreide; der Grobkalk (pierre moëllon); älterer Süßwasserkalk;

3) jüngerer Süßwasserkalk (Kalktuff, Tuffstein) im Schwemmlande.

Wo sich keine Kalklager finden, werden zuweilen die sogenannten Lesesteine zum Kalkbrennen benutzt. Es bleibt dieses immer eine mißliche Sache, wenn der Sucher nicht genau die reineren Kalksteine von anderen oder sehr unreinen zu unterscheiden weiß; und auch dann noch kann man nur auf Steine rechnen, die neben dem Kalkgehalte noch verschiedene fremde chemisch oder mechanisch verbundene Beimengungen haben, daher auch eine verschiedene Hitztemperatur fordern.

§. 20. In oryktognostischer Beziehung sind für die Fabrication des Kalks zu beachten:

1) Kalkspath (spathiger Kalk, Doppelspath). Mehr oder weniger durchsichtig, weiß, auch graulich-, röthlich-, gelblich-, grünlichweiß, irisirt zuweilen auf der Oberfläche, krystallisirt oder krystallinisch, tropfsteinartig, nierenförmig, stängelig, schaalig, blätterig,

Digitized by Google

durch Metalloxyde verschiedentlich gefärbt. Bestandtheile: 56,5 Kalk, 43,0 Kohlensäure, 0,5 Wasser. Er gehört zu den am meisten verbreiteten Mineralien und findet sich in allen Formationen; der Kalkspath findet, wenn er von Metalloxyden rein ist, in der Chemie mancherlei Anwendung und dient namentlich zur Darstellung des reinen Aetzkalks.

Man findet ihn in Frankreich, Spanien, England, Island, Rußland, Polen, Schweden, Ungarn; in Deutschland in der Pfalz, im Salzburgischen, Saalfeldischen ꝛc. Der Harz liefert ihn bei Zellerfeld, Clausthal, Lautenthal, Iberg u. a. O.; sehr schön violblau auf dem Andreasberge. Der isländische ist sehr schön und wegen seiner ausgezeichneten doppelten Strahlenbrechung (Doppelspath) berühmt.

2) Körniger Kalk (Marmor, Urkalk, salinischer Marmor, Blaustein [in Thüringen]), schuppiger Kalkstein; derb, von körnig-blätterigem Gefüge, in's Dichte, Feinkörnige und Blätterig-Spathige; durchscheinend; Perlmutter- — Glasglanz; Bruch uneben in's Splitterige.

Weiß, grau, graulich-, bläulichschwarz, gelb, roth, braun, berg-, lauch-, blaß-, apfelgrün, meist einfarbig.

Specielle Fundorte sind: Steiermark (Steinbauer, die Schneealpen u. m.), in Schlesien (Neuwaltersdorf, Niederthalheim, Reinerz, Landeck, Reichenstein ꝛc.), in Sachsen bei Memmendorf, Neudorf, Langenfeld, Krotendorf, Schwarzenberg, Planitz, Maxen, Meißen, Hainichen, Annaberg; dann im Gneusgebirge, bei Lauterbach und Miltitz; ferner in Mähren, bei Joachimsthal, im Bunzlauer und Saazer Kreise, zu Kallich, Hassenstein, Hohenstein ꝛc., im Obermainkreise bei Waltersdorf, Dechantheß, Neusorg, Wunsiedel ꝛc. Ueberhaupt ist er in den meisten größeren Gebirgen Europa's verbreitet, namentlich in

Digitized by Google

der Centralkette der Alpen, in den Appenninen (bei Carrara der berühmte carrarische Marmor), in den Pyrenäen. Er findet sich lagerartig im Gneus und Glimmerschiefer in Tyrol, in der Schweiz, Böhmen, Schlesien, dem Erzgebirge, bei Querbach an der Bergstraße, im Badloche am Kaiserstuhle. Auf den griechischen Inseln (parischer Marmor), auf Morea, in Schweden, Norwegen u. s. w. Der reine feinkörnige, weiße wird als Bildmarmor verwendet.

3) Dichter Kalkstein (dichter Kalk, Marmor). Derb und dicht; von splitterigem Bruche in's Ebene und Flachmuscheliche; weiß, grau, gelb, roth, braun, bisweilen verschiedentlich gefleckt; undurchsichtig — durchscheinend an den Kanten; bisweilen schieferig und plattenförmig (Kalkschiefer, Plattenmarmor, lithographischer Stein, der bekannte Sohlenhofer Stein), manchmal stängelich oder zapfen- und keilförmig abgesondert (Nagelkalk); bisweilen von bituminösen Theilen durchdrungen und bei'm Zerschlagen und Reiben einen erdölartigen Geruch gebend (Stinkkalk, Stinkstein); bisweilen von kohligen Theilen durchdrungen und geschwärzt (Anthrakonit); häufig von thonigen, kieseligen und metallischen Theilen verunreinigt und nicht selten Gehäuse von Schalthieren und Corallenäste einschließend. Der Muschelmarmor bei Hüttenberg in Kärnthen und bei Hall in Tyrol.

Der dichte Kalk findet sich als integrirendes Glied in allen Flötzformationen, und zwar hat der Kalk des Uebergangsgebirges den Namen Uebergangskalk (Orthoceratiten-Kalk, Calcaire de transition, Transition-Limestone); der Kalkstein der Kohlenformation den Namen Bergkalk (Mountain-Limestone); der Kalk der Kupferschieferformation den Namen Zechstein (Magnesian-Limestone); das zwischen dem bunten Sandstein

und dem Keuper liegende Kalkgebilde den Namen Muſchelkalk (calcaire coquiller, shelly-Limestone); die über dem Keuper gelagerte Kalkſchicht den Namen Liaskalk; die darauf folgende meiſt oolithiſche Schicht den Namen unterer Dolith (oder oberer Liaskalk; die weiter nach oben folgende Schicht, meiſt durch weiße Farbe ausgezeichnet, den Namen Jurakalk von den Geognoſten erhalten.

Der über dem Grünſand gelagerte Kalk heißt Pläner kalk und Kreide, den der Braunkohlenformation oder Molaſſe nennt man Grobkalk (calcaire grossier); über dieſem folgen die verſchiedenen älteren oder jüngeren Süßwaſſerkalke (calcaire d'eau douce, fresh-water-Limestone).

Specielle Fundorte ſind: Die würtembergiſchen Gebirge, das Koburgiſche, Bambergiſche, Würzburgiſche, Bayreuthſche, überhaupt die meiſten Orte in Franken, Thüringen (Querfurth, Eisleben, Jena, Naumburg ꝛc.), der Gebirgszug zwiſchen Kärnthen und Krain, der Fuß des Harzes, Sachſen, bei Regelsdorf und Kapfelsberg, Wellenburg (oberhalb Kehlheim an der Donau), Hohenſchwengau (eine Stunde von Füſſen), Ettal (auf der Straße von Schöngau nach Innsbruck), Benedictbaiern, Schlehdorf, Lanzgries, Tegernſee, Reichenhall, Auerbach (bei Pegnitz), Michelfeld, Berg, Pfaffenhofen, der Gaisberg und Untersberg (unweit Salzburg), Adnet (bei Laufen), Böhmen, Rüdersdorf (drei Meilen von Berlin) ꝛc. ꝛc.

Zuweilen findet er ſich in einzelnen Geſchieben in einigen Flötzen in niedrigen Bergen und Hügeln, oder auf dem Felde ꝛc. zerſtreut (Leſeſteine). Mit zunehmendem Thongehalte geht er in Mergel über.

4) Eine Abart des dichten Kalkſteins iſt der Roggenſtein (ſchaliger Kalkſtein, Dolith, Portlands-, Baths-, Kettonſtein), derb, aus rund-

Digitized by Google

lichen, concentrisch schaligen Körnern bestehend, von der Größe eines Hirsenkorns und drüber.

Weiß, in's Graue und Gelbgraue, häufig durch Eisenoxydhydrat gelb gefärbt, braun, bräunlichroth; innen matt, im Bruche dicht. Findet sich als weit verbreitete Felsart im jüngern Flötzgebirge, namentlich im Muschelkalk, untern Oolith und Jurakalk. Man trifft ihn im Weimarischen, im Ziegelrodaer Forste, im Mansfeldischen, bei Sangerhausen, Klosterrode, an der Schmücke, im Bernburgischen, bei Braunschweig (der Nußberg und m. O.), am Harz (bei Ilsenburg, Blankenburg ꝛc.), in der Schweiz, England ꝛc. ꝛc.

Der Erbsenstein ist ein jüngerer Oolith, dessen Körner größer sind, in ihrem Innern meist einen Kern von Quarzsand oder Kalkspath enthalten, und das schalige Gefüge in ausgezeichnetem Grade zeigen. Er findet sich ausgezeichnet bei Karlsbad in Böhmen und bei Felse Lelocz in Ungarn.

Wegen seines Thongehalts giebt er einen schlechten, magern Luftkalk, meist aber einen trefflichen hydraulischen Kalk.

Der dichte Kalk dient gebrannt namentlich zur Mörtelbereitung; den besten liefern die reineren derben Schichten des Muschel- und Jurakalks, den reinsten die Marmorarten.

5) Der Muschelkalk ist sehr weit verbreitet, im südlichen Deutschland am beträchtlichsten, er hat daher dort auch seine größte Entwickelung erreicht. In Schwaben erstreckt er sich von dem südöstlichen Schwarzwalde längs des Neckarthales über Sulz, Horb, Rottenburg, zieht sich am östlichen Saume des Schwarzwaldes bis gegen Pforzheim und bildet die Höhen und Thalgehänge des würtembergischen Unterlandes, von wo aus er sich in das Kocher- und Jaxtthal und dann gegen Norden über

Digitized by Google

Wertheim, Würzburg und Schweinfurth in's Bayreuthische erstreckt. Am westlichen Abfalle des Schwarzwaldes erscheint er nur in einzelnen Puncten. In den Vogesen bildet er am westlichen Abhange derselben beträchtliche Höhenzüge. Im nordwestlichen Deutschland erscheint er bei Göttingen, Hörter, Detmold, bei Heiligenstadt, auf der Schmücke, bei Naumburg, Jena und Gotha, in einigen isolirten Puncten nördlich am Harz.

In Schlesien ist er zwischen Oppeln und Tarnowitz sehr verbreitet und erstreckt sich von da in's südliche Polen. Die reinen Abänderungen liefern gebrannt einen vorzüglichen Aetzkalk.

6) Die Kreide (Nummulitenkalk, Calcaire crayeux, Craie). Ein mehr oder weniger fester Kalkstein, von weißer, lichtgrauer oder auch schwärzlicher Farbe. Sie ist in manchen Gegenden des Continents durch eine außerordentliche Menge Versteinerungen ausgezeichnet. In der Regel ruht die Kreideformation auf dem Jurakalk, wo dieser aber fehlt, auf den älteren Flötz- und selbst Urgebirgsarten. Das Kreidegebirge bildet häufig ausgedehnte Hochebenen, bisweilen auch groteske Gebirgszüge mit scharfem Rücken und tief eingegrabenen Thälern. Wo das Gestein vom Meere bespült wird, zeigt es oft sehr schroffe blendendweiße Felswände und ausgerundete Buchten.

Die Verbreitung der Kreide in Deutschland ist nicht sehr beträchtlich; sie erscheint am Saume des nordwestlichen Hügellandes zwischen Essen und Paderborn, am Teutoburger Walde und in einzelnen Hügeln zwischen Ibbenbühren, Wesel und Deventer. Oestlich von Wesel und längs des Teutoburger Waldes überlagert sie den Quadersandstein. Zwischen Goslar, Hannover und Braunschweig tritt sie abermals in geringer Mächtigkeit auf. Im nördlichen

Böhmen, überhaupt bis gegen Pirna hin, wird der Quadersandstein an wenigen Stellen von harter Kreide und Kreidemergeln bedeckt. In Süddeutschland bedeckt Kreide in Begleitung von Grünsand einen Theil des fränkischen Jura. In der Kette der Alpen macht die harte Kreide mit den untergeordneten Sandsteinlagern vielleicht die Hauptmasse der äußeren Kalkalpen aus. Im Gebiete der Ostsee erscheint die Kreide in der Nähe von Greifswalde, auf Rügen, Moen, Fünen, Jütland, Seeland ꝛc. zum Theil in sehr beträchtlicher Mächtigkeit. Bei Lüneburg tritt sie inselförmig aus dem dortigen Schwemmlande hervor; bei Lübtheen und Segeberg.

Westlich vom Rhein umgiebt die Kreide den Saum des rheinischen Schiefergebirges zwischen Aachen und Brüssel und setzt sich über Lille bis Calais fort; umgiebt das Becken von Paris in beträchtlicher Ausdehnung. Im Gebiete der Pyrenäen, tief in Spanien hinein; England, Irland ꝛc.

Die Kreide ist derb; feinerdig, sehr weich und zerreiblich, undurchsichtig, matt, weiß in's Gelbliche und Graue, fühlt sich mager an und hängt etwas an der Zunge. Sie geht zuweilen in dichten Kalkstein über. Nach Ehrenberg besteht die Kreide aus Bruchstücken der Gehäuse kleiner Polythalamien-Mollusken. Sie liefert gebrannt einen vortrefflichen Aetzkalk, der jedoch längere Zeit eingesumpft liegen muß.

Unter die erdigen Kalke gehört auch:

7) Die Bergmilch, Montmilch *), (Mehlkreide, mineralischer Schwamm, fälschlich Morochit ꝛc.), eine Kreide neuern Ursprungs, gelblich-, graulich-, schneeweiß, aus locker verbundenen, zusammenge-

*) Nicht Mondmilch, indem der Name von Mont, mons, Berg, hergenommen ist.

Digitized by Google

backenen Kalktheilchen bestehend, oft weicher und lokkerer, als Kreide, oft von Wasser durchdrungen und weich, abfärbend, fühlt sich fein und mager an, hängt etwas an der Zunge und rauscht zwischen den Fingern. Sie findet sich namentlich in Höhlen und Klüften der Kalkgebirge und überzieht die Ablösungen des erhärteten Mergels und Sandsteins in der Schillershöhle bei Hohen-Wittlingen unfern Urach in Würtemberg, im Bündnerschen, Anhaltschen (Walkenrieth), in Böhmen (Rochosetz, Bunzlauer Kreis, Duchorsitz), in Mähren (Sloperhöhle), in Oesterreich (Kalkhügel bei Medling, Eichkugel), um Baden, unweit Regensburg, bei'm Passe Struv, Lueg, im Hohlwegthale unweit Frauenwiese, am Gaisberg bei Kirchberg, am linken Ufer der Alz, unweit Altenmark, im Bayreuthschen, Bergischen, in der Schweiz, in Piemont ꝛc. ꝛc.

Man verbraucht sie, besonders in der Schweiz, roh zum Tünchen der Wände und zum Anstriche auf Holz. Wegen des Abschmuzens versetzt man sie zuweilen mit einem Achtel bis einem Drittel Aetzkalk. In der Uckermark wird sie, in Backsteinform gebracht, gebrannt.

8) Der Kalktuff (Tuffstein, Tuffkalk, Travertino, tufaceous Limestone). Derb, tropfsteinartig, röhrenförmig, blätterig, moosartig, oft von den verschiedensten Gestalten; schwammig, löcherig, zellig ꝛc. Gelblichweiß, ockergelb, gelblichgrau, in's Rauch- und Aschgraue ziehend, nicht selten gelblichbraun oder ockergelb gestreift. Bruch uneben, körnig, erdig, undurchsichtig, matt, weich. Er geht in's Zerreibliche über, springt unbestimmt eckig, stumpfkantig.

Theils kommt er in ganzen Schichten, theils in gestaltlosen Stücken vor, die zuweilen mit Letten wechseln. Nach der Oberfläche zu ist er oft verwittert, in größerer Tiefe härter. Er gehört zu den

neueſten, ſich fortbildenden Erzeugniſſen der Alluvialbildung, füllt Thäler, Becken, Schluchten und enthält häufig Flußmuſcheln, Theile von Landpflanzen, auch Landthieren ꝛc. Die Incruſtationsunterlagen ſind leicht erkennbar, Schilf, Holz, Knochen, Blätter, Moos ꝛc., die bei ihrer Zerſetzung hohle Räume zurückgelaſſen haben; jedoch übertrifft ſeine Feſtigkeit in einzelnen Theilen oft die des Flötzkalks. Zu Kalk brennt er ſich, ſeiner Poroſität wegen, ſehr leicht. Er giebt einen magern, mit viel Eiſenocker gemiſchten Kalk, nach Umſtänden aber eine gut bindende Speiſe. Hält er keinen oder nur wenig Eiſenocker, ſo brennt er ſich ſehr weiß und giebt einen guten Weißkalk. Von Bamberg wird ſolcher Kalk unter dem Namen „Weiß“ verführt. Man findet ihn als ausgedehnte Ausfüllung in der Umgegend von Weimar, Burgtonna, Kleinvargula, Tennſtedt, Greußen, Weißenſee u. a. O.

9) Stinkſtein, Stinkkalk (bituminöſer Kalkſtein) muß dem dichten Kalk zugerechnet werden. Graulichſchwarz, grau (ſchwärzlich-, gelblich-, bläulich-), braun (ſchwärzlich-, gelblich-), gelb; derb, eingeſprengt, in Geſchieben; innen ſchimmernd, wenig glänzend oder matt, mit dichtem oder blätterigem Bruche (gemeiner oder blätteriger Stinkſtein). Im Großen iſt er oft ſchieferig (Stinkſchiefer). Der dichte (gemeine) verläuft ſich durch's Muſcheliche in's Erdige, aus dem Splitterigen in's Unebene. Gewöhnlich bricht er ſcheibenförmig, ſchieferig, ſelten unbeſtimmt eckig. Strich grauichweiß. Die Beſtandtheile ſind kohlenſaurer Kalk, von bituminöſen Theilen durchdrungen; daher ſein Geruch nach Erdöl bei'm Zerſchlagen, den er jedoch nebſt Farbe im Brennen verliert. Er geht zuweilen in gemeinen dichten Kalk über. Seine Fundorte ſind: Böhmen (bei Prag ꝛc.), Heſſen (Thalitter ꝛc.),

Digitized by Google

Ramsdorf, Bottendorf, Frankenhausen, Eisleben, Glücksbrunn, Ilmenau; Baiern, Schweiz, Frankreich, Flandern, Brabant, Polen ꝛc. Wo er in großen Massen vorkommt, brennt man ihn zu Kalk, der etwas mager, jedoch gut bindet, so in Westgothland.

Da er bei'm Glühen durch sein Bitumen viel Wärme entwickelt, so erfordert er wenig Brennstoff und kann, wenn dieses im größern Verhältnisse obwaltet, sogar wie Steinkohlen die Feuerung selbst vermitteln und sich zugleich zu Kalk brennen, wie in der Grafschaft Galwai geschieht. Der unter dem Namen „brabanter Marmor" (Lucullan) bekannte sehr dichte Stinkstein, von graulichschwarzer und schwärzlichgrauer Farbe, findet sich an beiden Ufern der Maas; vorzüglich bei Namur und Lüttich, wo er mächtige Felsen bildet, sowie der schuppigkörnige bei Brie, unweit Belle Alliance, wird dort in großer Menge auf Kalk benutzt. Der Stein aus dem Bruche bei Brie von rauchgrauer Farbe besteht, nach John, aus

kohlensaurem Kalk mit Spuren von Eisen	93,75
kohlensaurer Bittererde	2,50
in Säuren unlöslichem Rückstande, an Kohle, Kieselerde, Thonerde, Eisen- und Manganoxyd	3,00
salzsaurem Natron und Schwefelkali und Kalk	0,75
	100,00.

10) Braunkalk (Braunspath, Eisen-Braunspath). Weiß, häufig roth (blut-, bräunlich-), auch mehrfarbig; krystallinisch, meist in linsenförmigen Krystallen krystallisirt, nierenförmig, kugelig, zellig, derb; von blätterigem oder faserigem Gefüge (faseriger Braunkalk); perlmutterglänzend; durchscheinend, findet sich meist in Gängen der Ur- und

Digitized by Google

Uebergangsgebirge, so bei Wittigen und Wolfach, bei Freudenstadt am Schwarzwalde, am Harz, in dem sächsischen Erzgebirge (Freiberg, Schneeberg, Annaberg), im Neustädter Kreise bei Kammsdorf, in Böhmen, Salzburg, Thüringen, Ungarn ꝛc.

Er gehört dem Dolomit zu, indem er gegen 50 Procent kohlensauren Kalk, 32 Procent kohlensaure Bittererde und 7 Procent Eisen enthält. Seine Anwendung zu einem guten hydraulischen Mörtel ist außer Zweifel.

§. 21. Außer diesen genannten Kalkfossilen sind noch die wichtig, die, vulkanischer Natur, eine ausgebreitete Anwendung als Cemente bei hydraulischen Mörteln finden; dahin gehören:

a) Der Traß, erdig, matt, grau oder schmuziggelb in's Bräunliche; zerreiblich, vorzugsweise aus staubartigen Bimsstein- und Trachyttheilchen *) bestehend, ein vom Wasser angeschwemmtes Conglomerat aus Trümmern vulkanischer Gesteine, häufig Geschiebe von Basalt, Trachyt, Bimsstein, Thonschiefer einschließend. Er findet sich als Ducksteín, pierre de tuff, in Bänke von einigen Fuß Mächtigkeit abgetheilt, füllt zuweilen Thäler aus, Lager

*) Trachyt (Trappporphyr, Wern.), aus einer feinkörnigen Grundmasse von Kieselerde und Feldspath bestehend, worin mehr oder weniger häufig Krystalle von glasigem Feldspath liegen. Graulichweiß, röthlich, bräunlich und schwärzlich, von geringer Härte. Erdige Abänderungen führen den Namen Domit; und wenn der Feldspath durch Albit vertreten wird, Andesit. Die meisten Trachyte widerstehen den Einwirkungen der Atmosphäre nur in geringem Grade und bilden dann eine fruchtbare Erde; die lockern und weicheren eignen sich zu hydraulischem Mörtel. Sein Vorkommen ist in Deutschland nicht häufig und erscheint meist nur untergeordnet am Siebengebirge, am Kaiserstuhl und am Gleichenberge östlich von Grätz. Er gehört den vulkanischen Gebirgsarten an.

Digitized by Google

von 10 bis 20 Fuß Stärke bildend, in den Schiefergebilden des Rheinufers eingelagert; größere und kleinere Spalten desselben erfüllend, besonders im Brohlthal, Netterthal, in der Gegend um Andernach bei Pleit, Rheinbrohl, Cruft, Tönisstein, in Baiern zu Monheim, in Holland, im Norden von Irland, und überhaupt in der Gegend vulkanischer Zustände; so an dem Rhein im Zusammenhange mit den Vulcanen der Eiffel. Der Tuff wird gepocht und gemahlen und als Traß versendet.

Wie sich bei einer solchen aus Trümmern gemengten Masse nicht anders erwarten läßt, sind die analytischen Untersuchungen von sehr verschiedenem Resultat. Man fand 57 Procent Kieselerde, bis zu 28 Procent Thonerde, geringe (2,6) Theile Kalk, Magnesia, Kali, Natron (8 Procent), Eisen- und Titanoxyd, 9,6 Wasser.

Elsner fand in ihm zwei verschiedene Silicate, deren eins in Salzsäure aufschließbar, das andere nicht aufschließbar, wie es bei den meisten vulkanischen Steinen der Fall ist.

b) Puzzolane, ebenfalls ein vulkanischer, angeschwemmter Tuff, ist eine lockere, weiche, fast zerreibliche, aschgraue, gelblichbraune, schwarze, glanzlose Masse, im Bruch theils feinkörnig, eben, theils erdig, bald ziemlich frei von Einmengungen, bald verschiedene Fossilien und Felsarten einschließend, von deutlicher Schichtung.

Die Puzzolane bildet zusammenhängende Hügel von ziemlicher Ausdehnung an der südwestlichen Seite der Appenninenkette, in der Gegend von Rom bis gegen die Pontinischen Sümpfe und Viterbo, Bolsena; in der Gegend von Bajä und Neapel, Puteoli; auch findet sich vulkanischer Tuff in der Auvergne, Vivarais, Martinique; eine Art nicht vulkanischen Ursprungs ist neuerlich von Sauvage in den

Ardennen entdeckt worden; blaßgrau, grünlich, sehr weich und besitzt eine sehr große Menge löslicher Kieselerde. Die italienische Puzzolane ist dem rheinischen Traß ganz analog zusammengesetzt; sie besteht, nach Berthier, aus: 44,5 Kieselerde, 15,0 Thonerde, 8,8 Kalk, 4,7 Magnesia, 1,4 Kali, 4,1 Natron, 12,0 Eisen- und Titanoxyd, 9,2 Wasser.

§. 22. Von Kiesel- und Bittererde haltigen Materialien sind noch in Bezug auf die Zusammensetzung hydraulischer Kalke bemerkenswerth:

a) Der Prehnit, eine Verbindung von kieselsaurer Thonerde mit kieselsaurem Kalk und Hydratwasser ($Ca_2\ \dot{S}i + \ddot{A}l\ \dot{S}i + \dot{H}$); grün in's Weiße und Graue; Strich weiß, Glas- — Perlmutterglanz; halbdurchsichtig — durchscheinend; Bruch eben; specifisches Gewicht = 2,9. Findet sich in Tyrol, am Gotthardt, in Savoyen, Kärnthen ꝛc., zu Reichenbach bei Oberstein, an der Seiseralpe im Fassathal ꝛc., strahlig. Zeigt die kräftigste Wirkung, wenn er gebrannt wird. Das Brennen macht ihn unter Gallertbildung in Wasser auflöslich.

b) Die zeolythischen Mineralien, welche neben kieselsaurer Thonerde kieselsaures Alkali, oder kieselsauren Kalk, oder beides enthalten, wie der Analcim ($2\ \dot{N}a, 3\ \dot{S}i, 3\ \ddot{A}l_2 + 6\dot{A}$), der Natrolith ($\dot{N}a\ \dot{S}i + \ddot{A}l_2\ \dot{S}i + 2\dot{A}$), der Stilbit ($\dot{C}a, \dot{S}i + \ddot{A}l_2, 3\ \dot{S}i + 6\dot{A}$), lösen sich im natürlichen Zustande alle in Säuren unter Gallertbildung auf und geben mit Kalk schon ungebrannt gute hydraulische Massen, besser noch, wenn sie gebrannt werden.

c) Dolomit (kohlensaurer Kalk + kohlensaure Magnesia, $\dot{C}a\ \dot{C} + \dot{M}g\ \dot{C}$). Derb, aus krystallinisch-körnigen Theilchen zusammengesetzt; bisweilen in's Schuppige und Erdige, seltener in's Dichte verlaufend. Weiß, gelblich und graulich; durchscheinend

— undurchsichtig; perlmutterglänzend, schimmernd und matt; specifisches Gewicht 2,80 bis 2,86. Phosphorescirt lebhaft auf einem erhitzten Metallbleche.

Die Bestandtheile des Juradolomits von Blaubeuren sind, nach Gmelin: 54,54 kohlensaurer Kalk, 42,80 Bittererde, 0,15 Sand, 1,12 Wasser mit Spuren von Salzsäure und Alaunerde.

Eine dichte Abänderung desselben von splitterichem Bruche, in der Gegend von Wendelsheim bei Tübingen, besteht, nach Gmelin, aus 51,46 kohlensaurem Kalk, 39,90 kohlensaurer Bittererde, 2,60 kohlensaurem Eisenoxydul, 0,43 kohlensaurem Manganoxydul, 4,82 grauem Thon.

Das Verhältniß dieser Bestandtheile wechselt verschieden und es finden sich dolomitische Rauhwacken von 15 bis 40 Procent kohlensaurer Bittererde. Durch Abnahme des Bittererdegehalts geht dieser Dolomit allmählig in dichten Kalkstein, durch Aufnahme von Thon in dolomitischen Mergel über.

Der Dolomit findet sich im Urgebirge der Alpen, meist dem Glimmerschiefer eingelagert, so am Gotthardt, in Wallis, in Kärnthen; in der Formation des Muschelkalks sind namentlich die grauen Dolomite und die Rauhwacken sehr verbreitet und bilden im Liegenden und Hangenden der Formation ausgedehnte Lager, so in Schwaben und Franken.

Die Dolomite, auch die weniger reinen Sorten, wie die Rauhwacke, werden zur Anwendung als hydraulische Mörtel wie der Kalk gebrannt und mit Wasser verarbeitet. Versuche in England und Baiern haben dessen Brauchbarkeit für den Wasserbau erwiesen; dagegen paßt dieser gebrannte Dolomit, wie jeder magere Kalk, desto weniger zu Luftmörtel. In manchen Gegenden wird derselbe statt des Quarzsandes dem Kalkmörtel beigemischt.

Digitized by Google

Den erdigen Dolomit beutet man durch Spitzhauen und Holzkeile aus, trocknet die Brocken an der Sonne oder unter Schuppen und brennt sie in gewöhnlichen Kalköfen. Der Brand erfordert 1 Hectoliter Kohlen auf 16 bis 18 Hectoliter Dolomit. Es geht immer etwas verloren, da die Asche der Steinkohlen leicht einen Uebergang des Schmelzens der Kieselerde vermittelt.

d) Die Grundlage des „roman Cement" sind die unter dem Namen Septaria im Thon des London-Beckens, einem Gliede des tertiären Gebirges, zerstreut vorkommenden, mehrere Zoll dicken Rollstücke von gedrückt-kugeliger Gestalt (Kalksteinnieren). Sie sind theils faustgroß, theils von der Größe eines Menschenkopfs, gelblichgrau, braun, mit Adern von Kalkspath durchzogen, nicht selten im Innern hohl und mit Kalkspathkrystallen drusenartig ausgefüllt; specifisches Gewicht der englischen 2,59. Man findet sie außer England (wo sie meistens, aus dem Thon gewaschen, an dem Strande gelesen werden) auch bei Neustadt-Eberswalde, auf Rügen am Abhange bei Arcona im Thon vor; bei Antwerpen, wo man sie bereits benutzt; in Baiern bei Altdorf, Kulmbach; bei Boulogne (galets de Boulogne) am Meeresufer in losen Geschieben.

Nach Meyer bestehen die von der Insel Sheppey aus:

66,99 kohlensaurem Kalk,
2,00 kohlensaurer Bittererde,
8,67 kohlensaurem Eisenoxydul und Oxyd,
4,71 Thonerde,
16,89 Kieselerde.

Man brennt sie in ununterbrochen gehenden Kalköfen mit Steinkohlen, unter einer höchst vorsichtigen Leitung des stets mäßigen Feuers. Nach dem Brennen werden die Steine unter schweren stehenden

Digitized by Google

Mühlsteinen zu einem feinen Pulver gemahlen und gesiebt, welches als fertiger Cement in dichten Fässern versendet wird und einen wichtigen Handelsartikel ausmacht.

In Calais erhält man einen vorzüglichen Cement durch Brennen der thonhaltigen Kalkerde, die sich an den Meeresdünen ansammelt. Diese Erde entsteht aus der Zersetzung der Felsen an der Küste der Normandie und dem durch Ströme ausgeworfenen Thonschlamm. Sie wird an der Küste gegraben, geformt, getrocknet und gebrannt, wie anderer Cement.

In Brest hat man den Gneißsand der Gegend in Reverberiröfen calcinirt und einen zwar nicht sehr kräftigen, doch hinlänglich starken Cement erhalten, der, mit Kalk zum Mörtel gemengt, in sieben Tagen erhärtet.

In einigen Gegenden, z. B., im Departement de l'Aisne, findet sich ein schwärzlicher, sehr zerreibbarer und erdig aussehender Sandstein, der mit Kalk die Eigenschaften des Cements annimmt.

e) Alle Mergelarten, worin der thonige Bestandtheil in der Art zusammengesetzt ist, daß die in ihm enthaltene Kieselerde nicht schon während des Brennens an den Kalk treten kann, d. i., wenn sie hinlänglich mit basischen Substanzen verbunden ist, zu welchen sie in hohen Temperaturen eine größere Affinität, als zum Kalke besitzt, geben hydraulische Kalke. Diejenigen Mergel und Kalksteine, welche über 20 bis 30 Procent Kiesel- und Thonerde enthalten, sind zu diesem Gebrauche geschickt. Thonerde und Magnesia allein reichen nicht aus, es muß vorzüglich Kieselerde vorwaltend sein. Eisen- und Manganoxydul spielen dabei nur passive Rollen. Der Mergel, meist durch Eisenoxyd roth gefärbt, erreicht bisweilen eine Mächtigkeit von 300 bis 400 Fuß. In untergeordneten Lagern schließt er Kalkmergel,

Digitized by Google

Sandmergel, dolomitiſche Mergel ꝛc. und ſehr beträchtliche Sandſteinlager ein. Der Thonmergel, welcher der hier bemerkenswertheste iſt, bald roth, bald blau, bald grünlichgelb, bald bunt in den Schichten wechſelnd, iſt, in der Regel, dünnſchieferig und zerfällt bald an der Luft. Bisweilen geht er in grauen oder rothen Thon, bisweilen in Letten, bisweilen in einen harten, dem Thonſtein ähnlichen Kalkmergel über. Die vorherrſchenden Beſtandtheile desſelben ſind kieſelſaure Thonerde, kohlenſaure Bittererde und kohlenſaurer Kalk.

Die Lagerſtätte des Mergels, die Keuper- oder bunte Mergelformation iſt im ſüdlichen und nordweſtlichen Deutſchland ſehr verbreitet, wo ſie einen Flächenraum von mehr als 300 Quadratmeilen einnimmt. Vom ſüdöſtlichen Abfalle des Schwarzwaldes zieht ſie längs des Muſchelkalks, den ſie im Oſten bedeckt und überlagert, durch das ſchwäbiſche Unterland, erfüllt das Becken zwiſchen dem Schwarzwalde und dem Odenwalde, bildet die Höhenzüge des Strombergs, der Heilbronner und Löwenſteiner Gegend und ſetzt durch den Welzheimer Wald in das Ellwanger Gebiet, durch Franken nach Coburg, Würzburg und Thüringen fort; erfüllt die Becken von Erfurt und Gotha und erſcheint wieder bei Göttingen, am Fuße des Harzes und im Magdeburgiſchen ꝛc. ꝛc.

Der Mergel brauſ't mit Säuren, um ſo mehr er Kalk enthält und hinterläßt dabei einen Rückſtand von Thon; je thonreicher er iſt, deſto geringer iſt das Brauſen und deſto größer der Rückſtand. Alle Mergel geben bei'm Anhauchen einen thonigen Geruch von ſich und halten die Feuchtigkeit lange; die meiſten zerfallen an der Luft.

Der Gehalt des Kalkmergels wechſelt zwiſchen 25 bis 50 Procent, der des Thonmergels

Digitized by Google

zwischen 50 bis 75 Procent Thon, das Uebrige macht der Kalk und geringere Antheile von Eisenoxyd und Bittererde aus. Beträgt letztere an 30 Procent, so zeichnen sich solche Mergel bisweilen durch ein bedeutendes specifisches Gewicht und durch beträchtliche Härte aus. Diese heißen dann dolomitische Mergel.

Noch hat man Saugkalk oder kieseligen Mergel, wenn er mit Quarzsand gemischt ist; Steinmergel oder verhärteten Mergel, bei viel Kalk- und wenig Thongehalt; thonigen Mergel, wo der Thon vorherrscht; Mergelerde, wenn er weich und zerreiblich ist; beigemischte bituminöse Theile machen ihn zum Stinkmergel und bei blätterigem Gefüge heißt er Mergelschiefer.

f) Austerschalen und Muscheln. Aus Muschelschalen aller Art, die man an den Küsten des Meeres in Massen ansammelt, wo sie nach der Fluth auf Sandbänken in Menge zurückbleiben, oder in mächtigen Lagern verschüttet sind, brennt man den Muschelkalk (chaux d'écailles), der in solchen Gegenden fast ausschließlich gebraucht wird.

Sie werden theils in Haufen geschichtet, mit Holz und Torf überdeckt, theils in Gruben gebrannt; in Holland, der Nordküste von Deutschland (Friesland, Bremen ꝛc.). Sie müssen scharf gebrannt werden, denn der geringste Rückstand von Kohlensäure hindert das Löschen; überhaupt löscht sich der Kalk aus Muscheln schwerer, als Steinkalk. Da den Muscheln Meersalz anhängt, so bildet sich durch's Brennen etwas Chlorcalcium, wodurch der davon gefertigte Mörtel hygroskopisch wird, die Mauern feucht werden und kohlensaures Natron auswittert. Man braucht ihn daher auch nicht zum äußern Putz und läßt in diesen Gegenden lieber die Mauerflächen (von gebrannten Steinen) roh. Durch starkes Auslaugen und Waschen der Muscheln in süßem Wasser kann

Digitized by Google

dem etwas vorgebeugt werden. Zu gleichem Behufe werden an den Küſten des adriatiſchen und mittelländiſchen Meeres die Korallen benutzt. Beaumé behauptet, daß die Muſcheln einen ſchärfern Aetzkalk, als die reinſten Kalkſteine geben; Andere dagegen leugnen den Unterſchied.

Vauquelin fand in ihnen außer kohlenſaurem Kalk auch etwas phosphorſauren Kalk, Talkerde und Eiſenoxyde. Nach John enthalten ſie kohlenſauren Kalk, Waſſer, thieriſche Membrane, Spuren phosphorſauren Kalks, Eiſen- und Manganoxyde und kohlenſaure Magneſia; man ſehe die erſte Tabelle am Schluſſe des Werks. In Holland ſchließt man — aus reinem Vorurtheil — in einigen Gegenden die dunkeln Schalen vom Brennen aus.

In großen Städten, z. B., Wien, hat man aus Eierſchalen Kalk gebrannt. Derſelbe, zum Ausweißen benutzt, trocknet ſchneller und giebt eine gute Weiße; nur möchte das rohe Material nicht oft in erſprießlicher Menge zu beſchaffen ſein.

§. 23. Folgende Tabelle enthält die Analyſen verſchiedener Kalkarten nach einigen Chemikern: (Siehe dieſe Tabelle am Schluſſe des Werks.)

§. 24. Wie aus Obigem hervorgeht, ſteigt die hydrauliſche Eigenſchaft eines Kalks mit dem Betrage der in Salzſäure unlöslichen Theile, die meiſt aus einer Verbindung von Kieſelerde und Thonerde beſtehen, oft aber auch aus beinahe reiner Kieſelerde in löslicher Form.

Es iſt von großer Wichtigkeit, dieſen in Säure unlöslichen Gemengtheil näher kennen zu lernen, weil von ihm die hydrauliſche Eigenſchaft abhängt. Darum hat man auf denſelben in neueren Analyſen beſondere Sorgfalt verwendet, wie man aus den Verſuchen ſieht, welche von H. Meyer bearbeitet worden. Derſelbe fand in ſechs verſchiedenen Kalkſorten

Digitized by Google

das Verhältniß des löslichen und unlöslichen Theils, wie folgt:

Ordnungsnummer.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kohlensaurer Kalk . . .	67,86	66,99	49,06	76,82	62,47	39,72
Kohlensaure Bittererde .	5,62	1,67	29,32	2,81	1,35	28,48
Kohlensaures Eisenoxydul	3,30	6,95	16,83	3,21	5,85	7,50
Thonerde . .	—	0,39	—	0,89	0,93	—
Summe des in Salzsäure löslichen.	76,78	76,00	95,21	83,73	70.60	75,70
Kieselerde . .	15,57	16,89	3,35	11,03	20,93	nicht bestimmt.
Thonerde . .	4,18	4,32	0,86	2,86	7,72	
Eisenoxyd . .	1,13	1,72	0,43	1,86		
Kalk	0,15	0,005	0,06	0,12	0,12	
Magnesia . .	0,57	0,37	0,01	0,05	0,30	
Summe des in Salzsäure unlöslichen.	21,62	23,30	4,71	25,92	29,07	22,98

Nr. 1. Kalkstein vom Krienberge bei Rüdersdorf (Berlin), findet sich kaum anstehend unter dem Sande. Er gehört der obersten Abtheilung des Muschelkalks, ist in einem sehr verwittertem Zustande und kann als Luftkalk nicht gebraucht werden.

Nr. 2. Rundliche Nieren von der Insel Sheppey, gelbbraun, derb und fest. Es sind diese, die zum sogenannten roman-cement verwendet werden, aus dem Londonthon (London clay).

Nr. 3. Kalkstein der Muschelkalkformation, welcher das Dachgestein der Bleierz-Lagerstätte von Tarnowitz bildet. Blaugrau, derb, fast krystallinisch.

Digitized by Google

Nr. 4. Cementstein von Hausbergen unweit der Porta Westphalica, fetter. Bei der Cementfabrication werden beide Steine zu gleichen Theilen gemengt; sie gehören derselben Abtheilung des Jurakalks an.

Nr. 5. Cementstein von demselben Orte, von der magern Sorte; verwitternd, dunkelblaugrau, schieferig.

Nr. 6. Stein, woraus der Koch'sche Cement in Kassel bereitet wird; ein röthlichgelber, derber, dolomitischer Mergel aus dem untern Muschelkalke.

§. 25. Man ersieht daraus, daß sich die hydraulischen Kalksteine auf dem gewöhnlichen Wege der Zerlegung in zwei ganz verschiedenartige Gemengtheile scheiden lassen: in einen, ganz wie die Kalksteine zu fettem Luftkalk, aus kohlensauren Erden bestehenden, — und einen, der sich als Silicat, oder ein Gemenge von Silicaten, der Thonerde, des Kalkes, der Bittererde und sehr häufig des Kali's, mit mehr oder weniger überschüssiger Kieselerde verhält, eine Art Thon. In seltenen Fällen ist dieser Gemengtheil, welchen mehrere Schriftsteller schlechthin „Kieselthon" nennen, beinahe reine Kieselerde.

Bei'm Brennen hydraulischer Kalksteine werden beide Gemengtheile — wenn der Kalk einmal seine Kohlensäure abgegeben hat — so aufeinander wirken, wie eine starke Base auf ein Silicat; es wird eine Aufschließung erfolgen, deren Wirkung ist, daß die Silicate sich nunmehr ohne Schwierigkeit in Säuren zersetzen. Es wird also durch das Brennen die Masse der Basen in dem thonigen Silicate vermehrt und den Säuren eine breitere Seite zum Angriffe geboten.

Die gebrannten hydraulischen Kalke lösen sich sonach (mit wenigen Ausnahmen) in Säuren auf und bilden, sobald ein von Säuren zersetzbares Silicat vorhanden gewesen — eine dicke Kieselgallerte.

Digitized by Google

Die Bildung dieser Gallerte bekundet die Fähigkeit, im Wasser zu erhärten und die Tauglichkeit des Fossils zu hydraulischem Mörtel.

§. 26. Es ist jedoch die Kieselerde der Silicate — als der wesentlich wirksame Stoff — nicht in jedem Verhältnisse geschickt, hydraulischen Kalk zu constituiren. Die Neigung, unter Wasser zu binden, wird stark vermehrt, wenn man einer kieseligen Verbindung einen bittererdehaltigen Kalk darbietet. Die dolomitartigen Kalke und Dolomite geben mit passenden Zusätzen einen viel bessern Wassermörtel, als die reinen Kalke, um so mehr, weil die Kieselerde mehr Neigung hat, ein Silicat mit zwei Basen zugleich, als mit einer einzigen zu bilden. Was die Rolle anbelangt, welche die Thonerde bei'm Erhärten spielt, so ist diese nur eine befördernde und vermittelnde, denn es erfolgt auch Erhärtung in Fällen, wo gar keine Thonerde zugegen ist. Vergleiche §. 112.

Viertes Capitel.

Von den Mitteln zur Untersuchung der Kalksteine.

§. 27. Berthier giebt ein einfaches Verfahren, die Kalksteine zu untersuchen, im Folgenden:

Man zerstoße den Stein und schlage das Pulver durch ein Haarsieb. Von diesem Pulver thue man 10 Gramme in eine Abrauchschale und gieße nach und nach Schwefelsäure (oder in deren Erman-

Digitized by Google

gelung Salpeter- oder Essigsäure), die mit etwas Wasser verdünnt worden, unter stetem Umrühren mit einem Holz- oder Glasstabe, darauf.

Sobald kein Aufbrausen weiter erfolgt, hört man mit Zugießen auf, worauf man die Lösung bei gelinder Wärme abdunstet, bis sie den Zustand eines Teiges erlangt hat. Man verdünnt nun mit ungefähr einem halben Liter Wasser und filtrirt. Der Thon und die nicht löslichen Substanzen bleiben auf dem Filter. Diesen Rückstand trocknet man an der Sonne oder durch Ofenwärme und wägt ihn; oder besser, man brennt ihn vor dem Wägen in einem irdenen oder metallenen Tiegel bei Rothglühhitze. In die Lösung gieße man möglichst klares Kalkwasser, so lange, als ein Niederschlag erfolgt; sammelt diesen so schnell, als thunlich, auf einem Filter und wäscht mit reinem Wasser aus. Der Niederschlag ist Magnesia, womit vorkommenden Falls das Eisen- und Manganoxyd verbunden ist; man calcinirt ihn, trocknet ihn stark aus und untersucht dessen Gewicht.

§. 28. Bei den beschriebenen Versuchen ist der Zweck allein, den Antheil von kohlensaurem Kalk zu bestimmen und zu beurtheilen, ob die Steine zum Kalkbrennen tauglich sind. Diejenigen, die bei dem kohlensauren Kalk mehr als 15 bis 20 Procent fremdartige Bestandtheile haben, dürfen zum Brennen des gemeinen (Luft-) Kalks nicht verwendet werden. Die Eigenschaft des Aufbrausens mit Säuren ist allen kohlensauren Verbindungen eigen, wie der kohlensauren Magnesia, dem kohlensauren Baryt, kohlensauren Mangan, Strontian ꝛc. ꝛc. Um zu weniger allgemeinen und sicherern Resultaten zu gelangen, muß man dieselben noch anderen schärferen Versuchen unterziehen.

Um überhaupt die Natur der kohlensauren Verbindung zu erkennen, lös't man sie in Salpetersäure

Digitized by Google

auf, verdünnt und gießt in die Auflösung einige Tropfen Schwefelsäure. Ist die Verbindung eine kohlensaure Bittererde, so erfolgt kein Niederschlag, während bei den anderen drei Erden, welche fast immer mit Kohlensäure verbunden sind, sehr reichliche Niederschläge entstehen. Um hierauf den Kalk von der Bittererde und dem Strontian zu unterscheiden, gieße man auf den gedachten Niederschlag auf's Neue verdünnte Salpetersäure und bringe das Ganze zum Sieden. Dadurch wird der sich gebildete schwefelsaure Kalk zum Theil oder ganz aufgelöst, während die anderen Erden, die mit Schwefelsäure verbunden sind, ungelöst bleiben.

Von allen Mitteln bleibt jedoch das Brennen unzweifelhaft das einfachste und zugleich das, welches in seinen Angaben am meisten Vertrauen erweckt. Es reicht dazu hin, ein Stück des Steins, welcher gewogen worden, einem anhaltenden und heftigen Feuer auszusetzen, es einige Zeit darin weißglühend zu erhalten oder mehrmals auszuglühen, nach der Calcination zu wägen *) und dann während zwei oder drei Minuten unter Wasser zu tauchen, zuletzt aber der Luft auszusetzen.

Wenn das Stück Kalkstein war, so wird eine bedeutende Verminderung des Gewichts eingetreten sein, und es werden alsbald dieselben Erscheinungen folgen, die §. 15 angeführt sind.

Obgleich dieses Verfahren einfach genug ist, so kann man es doch noch abändern und es schneller und mit geringerem Feuer ausführen. Dazu pulverisirt man das Stück Stein, schüttet das Pulver in einen Kolben und setzt es unter öfterem Umrühren ungefähr eine Stunde lang dem Glühen in einem

*) Das Wägen bei diesen Versuchen geschieht, um die Quantität der ausgetriebenen Kohlensäure zu ermitteln.

ziemlich heftigen Feuer aus; nach dem Erkalten wird es gewogen und den angegebenen Proben unterzogen.

Aetzkalk im Kleinen zu bereiten, taucht man ein Stück kohlensauren Kalk (Marmor, Kreide) in fettes Oel oder in Zuckerlösung; so läßt sich dasselbe weit leichter und bei geringerer Hitze seiner Kohlensäure berauben, d. h. in Aetzkalk verwandeln. Es wird nämlich durch den Kohlenstoff des Zuckers oder Oels die Kohlensäure der Kreide oder des Marmors in Kohlenoxydgas verwandelt und damit deren Affinität zum Kalk aufgehoben, weshalb sie leichter entweicht.

Einige sind der Meinung, daß Steine, welche am Stahl Funken geben, untauglich zum Kalkbrennen seien. Dieses Kennzeichen ist indeß ein sehr trügliches, indem mehrere Arten Kalksteine Funken schlagen, zumal wenn ihnen Kieseltheile beiwohnen.

Fünftes Capitel.

Von der Calcination (dem Brennen) der Kalksteine.

§. 29. Unter „Brennen der Kalksteine" versteht man, sie der Wirkung einer starken Hitze aussetzen, deren Einfluß unmittelbar, anhaltend und ununterbrochen sein muß, welches auch die Natur des Brennmaterials sei, um die Steine dadurch in den Zustand des Aetzkalks zu setzen, indem die Kohlensäure und das in dem kohlensauren Kalk enthaltene Wasser vollständig ausgetrieben wird.

Digitized by Google

Der Wasserdampf spielt eine solche Rolle bei Zersetzung der kohlensauren Kalke, daß, wenn ein Stück völlig ausgetrockneten kohlensauren Kalks dem Brande unterworfen wird, seine Zersetzung unmöglich ist, die Entbindung der Kohlensäure aber augenblicklich beginnt, wenn man Wasserdampf darüber streichen läßt.

Dieser Operation an sich wollen wir in allen ihren Stationen folgen.

Die früher angewendeten Verfahrungsweisen des Kalkbrennens gaben ohne Zweifel sehr unvollkommene Resultate. Die einfachste von allen beschränkte sich, die Kalksteine in ein großes offenes Feuer zu werfen; der Wärmeverlust, den ein solches Verfahren mit sich bringt, veranlaßte aber bald, die Zuflucht zu besser gedachten Oefen zu nehmen, worin der Wärmestoff zwischen feuerbeständigen Wänden eingeschlossen bleibt und so wenigstens eine größere Menge Kalk im Verhältniß des verwendeten Brennmaterials gab.

Wenn man die Ersparniß im Brennmaterial nicht als ersten Zweck erkennte, würde die Anwendung von Kalköfen gewissermaßen unnütz sein; denn von dem Augenblicke an, wo man, auf welche Art es sei, eine hinreichend hohe Temperatur erzeugen kann, um die unverbrennlichen Substanzen zum Weißglühen zu bringen und diese Hitze eine genügende Zeit lang zu erhalten vermag, ist es sehr leicht, Aetzkalk zu beschaffen; es reicht sogar obengenanntes Verfahren aus.

Humboldt erzählt, daß die Indianer der Provinz Juan de Brocamoroz sich begnügen, die aus einem Gemisch von kohlensaurem Kalk und Harzen bestehenden Termitenhöhlen anzuzünden, um gebrannten Kalk zu gewinnen.

In den neueren Welttheilen, in Rußland und selbst in einigen Gegenden Frankreichs, wo man Holz im Ueberflusse hat, bemerkt man noch Kalköfen, die in einer einfachen runden oder viereckigen Aushöhlung

Digitized by Google

bestehen (Figur 1), gegen 1,62 Meter (5 Fuß) breit und lang, 3,25 (10 Fuß) hoch sind, und von den Kalkbrennern mit wenig Kosten in der Seite einer Abdachung oder in irgend einem Erdblocke, der entweder gewachsen oder zu diesem Zwecke aufgefüllt worden, ausgegraben, im Innern zuweilen mit Steinen trocken oder mit Lehmschlag ausgesetzt oder auch, noch besser, mit feuerbeständigen Steinen ausgemauert werden. In sie werden die Kalksteine dergestalt geschichtet, daß die Flamme einestheils frei durchspielen kann, anderntheils, daß im untern Theile ein freier 32 bis 65 Centimeter (1 bis 2 Fuß) hoher und breiter Raum nach der ganzen Tiefe der Masse bleibt, wohinein die Reisigbündel oder Wellen zum Anfeuern gebracht werden.

Wenn die inneren Wände nicht mit Mauerwerk bekleidet sind, so wird begreiflich die Hitze beträchtlich von dem anliegenden Erdreiche absorbirt und außerdem mit dem Rauche zugleich durch die offene Seite entweichen. Demungeachtet erlangt man auch auf diese Art einen richtigen Aetzkalk, mit Ausnahme derjenigen Stücke, welche in Berührung mit der äußern Luft bleiben, wie die bei a und b (Figur 1) liegenden, welche man genöthigt ist, ein zweites Mal mit einzusetzen.

Noch ist zu beachten, daß bei unbekleidetem Ofen derselbe sofort nach dem Ausfahren von Neuem gefüllt werden muß, damit die von der Erde der Umgebung aufgenommene Hitze nicht verloren gehe. Ungeachtet dessen ist diese Art Oefen, wie deren Bekleidung im Innern auch beschaffen sei, immer in gewisser Rücksicht unvollkommen; in anderer Beziehung aber, wo in der Nähe bessere Anlagen fehlen und die Entfernung den Transport und das Product kostspielig machen würde, auch auf großen Absatz nicht

Digitized by Google

gerechnet werden dürfte, können zuweilen dergleichen Oefen ihren Nutzen haben.

Man trifft jetzt überall eine Menge Kalköfen, deren Größe und Form so verschieden sind, wie deren Construction, je nach den verschiedenen Methoden des Kalkbrennens und nach den Ideen der Erbauer und der Brenner selbst.

§. 30. Es kann hier nicht die Absicht sein, die Vorzüge und Nachtheile jeder Art von Oefen besonders auseinanderzusetzen. Dies würde zu weit führen, weil in gewisser Rücksicht und bis auf einen gewissen Punct es fast unmöglich ist, streng eine Ordnung der Priorität unter ihnen anzugeben, da eine ungemeine Ungleichheit im Verbrauche des Brennmaterials selbst in gleich oder ziemlich gleich construirten Oefen herrscht.

Diese Ungleichheit entspringt größtentheils

1) aus der Natur der Steine;

2) aus der Größe, in welcher man sie einsetzt;

3) aus der Art des Einsetzens selbst, und endlich

4) aus der Beschaffenheit und Natur des Brennmaterials, und ist Folge des Werthes, den man in der oder jener Gegend darauf legt.

Um eine sichere Vergleichung zwischen den practischen Vortheilen anstellen zu können, welche die verschiedenen Formen und Größen gewähren, müßten die Versuche an ein und demselben Orte, mit einerlei Steinen und Brennmaterial gemacht werden.

Wir werden daher hier, mit wenigen Ausnahmen, nur von den Oefen handeln, die im Allgemeinen vorgezogen werden, deren Ganzes und Einzelheiten am meisten mit den wenigen Hauptregeln stimmen, die aus Beobachtung des Brennbetriebes abgeleitet werden können, und die, in Ermangelung positiver Begriffe, zu Grundlagen bei solchen Constructionsarten angenommen werden müssen.

Digitized by Google

Sechstes Capitel.

Von den verschiedenen Formen der Kalköfen.

§. 31. Fast überall werden die Oefen von gebrannten Steinen aufgeführt: einige von Cylinderform, mit kreisförmiger oder elliptischer Grundfläche (Fig. 2 und 3); andere als Ellipsoiden (Fig. 9 und 10); als umgekehrte gekürzte Kegel (Figur 15 und 17); als aufrechte oder umgekehrte Pyramiden (Fig. 18 und 24). Endlich giebt es dergleichen, die eine Verbindung dieser Grundformen mit Theilen von Kugel- oder elliptischen Gewölben sind (Fig. 13 und 19); die einen wie die anderen sind aber von der Methode abhängig, nach der man die Calcination zu bewirken gedenkt.

Die vornehmsten Theile, welche die Baue characterisiren, sind:

1) Der Heerd (le foyer), der immer in dem untern Theile des Ofens liegt;
2) das Heizloch, Mundloch (la gueule), welches mit dem Heerde in Verbindung steht, durch welches das Brennmaterial eingebracht wird und die zur Verbrennung nöthige Luft zutritt;
3) der Schacht (le vide), in den die zum Brennen bestimmten Steine geschichtet werden.
4) die obere Mündung, die man gewöhnlich die Gicht (le gueulard), das Auge, den Nabel (l'oeil du four), je nachdem die Oeffnung größer oder kleiner ist, nennt.

Digitized by Google

Man bemerke noch, daß durch die eben gedachte Oeffnung der Ofen gefüllt wird, und der aus dem Brennmaterial sich entwickelnde Rauch und die aus dem Kalkstein hervorgehenden Dämpfe abziehen.

Siebentes Capitel.

Hauptclassen der Kalköfen.

§. 32. Es lassen sich die verschiedenen Methoden des Kalkbrennens auf zwei hauptsächliche zurückführen, nämlich in die mit unterbrochenem und die mit ununterbrochenem Gange.

Diese beiden Methoden haben wieder Unterabtheilungen, die in dem Folgenden nach und nach beschrieben werden sollen; nach ihnen richtet sich natürlich die Anlage der Oefen. Man kann sie in zwei Hauptclassen theilen: erstlich in solche, deren einzige Bestimmung das Brennen des Kalkes ist, und zweitens in die mit doppelter Nutzung.

Jede dieser Classen zerfällt nach dem verschiedenen Gebrauche und den verschiedenen Arten, die Calcination zu leiten, wieder in Unterabtheilungen, und zwar gehören zur ersten Classe:

1) die Oefen mit unterbrochenem Gange und grosser Flamme;
2) die Brennöfen mit unterbrochenem Gange und kleiner Flamme, oder mit Zwischenschichtung;

3) die Brennöfen mit ununterbrochenem Gange und kleiner Flamme;
4) die Oefen mit unaussetzendem Gange und großer Flamme.

Die zweite Classe besteht aus:

1) den Oefen, bei denen man den Ueberfluß der Hitze noch zu anderen Operationen benutzt, oder die zugleich zum Kalkbrennen und irgend einem andern Gebrauche dienen;
2) den Oefen, die zum Brennen des Kalks mittelst der Hitze angewandt werden, die nach der Benutzung bei anderen Operationen verloren gehen würde.

Achtes Capitel.

Von dem unterbrochenen (periodischen) Brennen des Kalks.

Bei dem periodischen Brennen wird, während der Dauer einer Heizung, nur diejenige Masse des Kalks gar gebrannt, womit der Ofen gefüllt ist.

Es geschieht dies entweder, daß die Steine in einer Masse in den Ofen geschichtet werden, welches man periodisches Brennen mit großer Flamme nennt, oder daß man deren Schichten mit Schichten des Brennmaterials wechseln läßt, was man unter periodischem Brennen mit kleiner Flamme versteht.

Digitized by Google

Erster Abschnitt.

Von dem periodischen Brennen mit großer Flamme.

§. 33. In dem Folgenden werden wir diese Operation nach ihren Hauptprincipien, und dann die Manipulationen im Einzelnen von dem Einsetzen der Steine in den Ofen an bis zu dem Ausfahren des gar gebrannten Kalks ausführlich beschreiben, indem mehrere Details dieses Verfahrens auch bei den anderen Methoden in Anwendung kommen und deren Wiederholung erspart werden kann.

Bei dem Brennen, wobei man das Brennmaterial abgesondert von dem Steineinsatze einführt, müssen in dem untern Theile des Ofens vor Allem, je nachdem die Anlage es gestattet, ein, zwei bis drei Heerde (Gassen) angelegt werden, damit die von dem Heizmaterial ausgehende Hitze zu einer Höhe gesteigert werden könne, die vermögend ist, die Feuchtigkeit auszutreiben und die Steine in die gehörige Gluth zu setzen. Die Anlage mehrerer Gassen bezweckt die bessere Vertheilung der Hitze in allen Partien des Einsatzes; begreiflich, daß deren Zahl sich nach der Größe des Ofens richtet. Endlich müssen diese Heerde verschiedene Einrichtungen nach Maßgabe des zu verwendenden Brennmaterials erhalten.

Zu der Heizung mit Holz reicht es hin, das Feuerungsmaterial auf die Sohle des Ofens zu schichten, wie die Figuren 2 bis einschließlich 9 anzeigen, da die Flamme dieses Materials von Natur lebhaft und aufsteigend ist; während bei dem Torf, der Steinkohle und vegetabilen Kohle das Feuer auf einen Rost gebracht werden muß, der einige Fuß

Digitized by Google

über die Sohle zu liegen kommt, durch den auch die Asche fällt. Dergleichen Anlagen sieht man in Fig. 10 und 11.

In dem ersten Falle kann die zur Verbrennung nöthige Luft durch die Heizöffnung selbst, oder durch Löcher in dem Grunde des Ofens zugelassen werden; in dem zweiten Falle dringt sie durch den Rost und hat ihren Zugang durch die Aschenthür. Auf diese Weise bildet sich ein fortwährender Luftstrom, der von dem untern Theile des Ofens nach oben zieht und die Verbrennung, das Aufsteigen der Flamme und der Hitze bewirkt. Die Rostanlage ist unentbehrlich, weil das Feuer der obengenannten Brennstoffe an sich stumpf ist, wenn es nicht durch Zug geschärft wird.

§. 34. Von den zur periodischen Calcination mit großer Flamme anzuwendenden Brennstoffen. Zu diesem Zwecke können zwar alle Brennstoffe, welche man in Haushaltungen verwendet, benutzt werden, doch ist ersichtlich, daß der eine Vorzüge vor dem andern haben wird. Das gespaltene Klafterholz, grobe Reisigbündel, Knüppelholz, Wurzelstöcke ꝛc. hat man seit längerer Zeit allem Andern vorgezogen, weil es eine Flamme erzeugt, die sich vom Heerde aus nach dem Obertheile des Ofens durch die Räume zwischen den Steinen ziehen kann und in der That Vortheile bietet. Für manche Gegenden ist jedoch dieses Brennmaterial zu kostspielig; abgesehen davon, daß es auch von Tag zu Tag seltener wird. Es würde sogar zuweilen vortheilhaft sein, dasselbe durch schwaches Reisig, Bündel von Haidekraut, Bündel von Haufspänen und kleinerem Abraum aus Holzschlägen zu ersetzen, wenn diese lockeren, aber voluminösen Brennstoffe kei-

Digitized by Google

nen Heerd von großer Dimenſion und beſondere mühſame und ſtete Aufſicht von Seiten des Heizers erforderten, damit keine Erkaltung entſtehe.

Der Torf ſcheint unter den Brennſtoffen die meiſten Vorzüge in Bezug auf Sparniß zu bieten. Wir werden ſpäter in nähere Betrachtungen eingehen, wenn von der Heizung insbeſondere gehandelt wird.

Die Steinkohle und Koks entſprechen ebenfalls dem Zwecke, weil ſie eine große Hitze entwikkeln, welche den Mangel großer Flamme vertreten kann. Man macht von der erſtern vorzüglich Gebrauch im Hennegau, zwiſchen Mons und Brüſſel, und in allen Ländern, wo dieſer Brennſtoff überflüſſiger, als Holz iſt. In England wird es nebſt den Koks vorzugsweiſe angewendet; man hat indeß dort wie in Frankreich und an anderen Orten gefunden, daß der Torf unter gewiſſen Umſtänden, hinſichtlich der Erſparniß, bei weitem vorzuziehen iſt.

Die Holzkohlen darf man, wegen ihres hohen Preiſes, nur in den ſeltenſten Fällen benutzen, wo ſich Mangel an anderem Material herausſtellt.

§. 35. Von der Vorrichtung der Kalkſteine vor dem Einſetzen. Da die Schwierigkeit des Durchbrennens der Kalkſteine mit ihrer Größe zunimmt, ſo darf man ſie nicht größer, als 54 bis 81 Millimeter (2 bis 3 Zoll) im größten Durchmeſſer nehmen. Größere Maſſen machen das Brennen ſchwerer, langdauernder, daher koſtſpieliger.

Aber auch die entgegengeſetzte Uebertreibung hat ihre Nachtheile; denn wenn die Steine zu ſehr zerkleint ſind, iſt es unmöglich, ſie ſo in dem Ofen zu ſchichten, daß die gehörigen Zwiſchenräume zum Durchzuge der Flamme zwiſchen ihnen bleiben. Man

Digitized by Google

muß daher stets bei'm Füllen eines Ofens auf diesen Umstand Bedacht nehmen *).

Die Beiwirkung der Feuchtigkeit kann das Brennen der Kalksteine ebenfalls erleichtern und es in derselben Zeit vollkommener bewirken; daher ziehen die Kalkbrenner stets die frisch gebrochenen Steine den gestandenen vor und versäumen nicht, die mit Wasser zu benetzen, welche längere Zeit der Luft ausgesetzt waren.

Diese Erfahrung enthält allerdings eine Wahrheit, die aber von der Praxis vielfach mißverstanden wird.

Um den richtigen Gesichtspunct zu erfassen, muß man sich erinnern, daß ein Gas oder ein Dampf einen gegebenen Raum, wenn auch nicht so rasch, aber doch in demselben Maße erfüllt, gleichviel, ob derselbe vorher gänzlich leer, oder bereits mit einem andern (nur nicht von demselben) Gas erfüllt war; denn verschiedenartige Gase haben ein so kräftiges Bestreben, einander gleichmäßig zu durchdringen, daß dadurch oft ein nicht unbedeutender Widerstand überwunden wird. Wasser verdunstet in trockner Luft nicht schwieriger, als in dem leeren Raume; dagegen ist es ein Hinderniß für die weitere Verdunstung, wenn der leere Raum, oder die Luft über dem Wasserspiegel schon Wasserdampf enthält. Aus Versuchen von Gay-Lussac ergiebt sich in Folge dieser Betrachtung auf das Entschiedenste, daß die Zersetzung des Kalkes unter dem Einflusse des Wasserdampfes bei einem geringern, als dem gewöhnlichen Hitzgrade vor sich geht. Ganz dasselbe findet aber auch Statt, wenn man den Dampfstrom durch einen Luftstrom ersetzt; folglich ist die Wirkung des Dampfes nur eine mechanische, welche darauf hinausläuft, um die Kalkstücke herum eine Atmosphäre zu bilden, welche leer von Kohlen-

*) In der Nähe von Kalksteinbrüchen lassen sich die Stücke vortheilhaft zum Brennen verwenden, die nicht zu Bausteinen behauen werden können, wie auch der Abraum oder die Brocken, die bei dem Behauen der Werkstücke abfallen.

Digitized by Google

säure ist und sich folglich in Bezug auf die Aufnahme von Kohlensäure ganz verhält, wie ein leerer Raum. In dem einen Falle hat die sich entwickelnde Kohlensäure einen Druck gegen die bereits gasförmige zu überwinden, der völlig wegfällt, wenn der Raum um die Kalksteine gar nicht, oder mit einem verschiedenartigen Gase, wie Wasserstoffgas, erfüllt ist.

Aus demselben Grunde bewirken manche Kalkbrenner die Heizung mit nicht völlig trocknem Holze, oder besprengen die Steinkohlen vor dem Gebrauche stark mit Wasser, wie es auch öfters bei Stuben- und anderen Heizungen geschieht. Die Verdunstung des von dem Kalk zurückgehaltenen Wassers fängt zuerst an der Oberfläche der Steine an und setzt sich nach dem Innern fort. Sie wird sonach leichter bei geringerem Volumen, größerer Porosität, daher mehrer Leichtigkeit der Steine; deswegen darf man aber solche leichtere Steine nicht ausschließlich wählen, noch von diesen Eigenschaften auf die Eigenschaft des Kalks schließen wollen.

§. 36. **Von dem Einsetzen der Steine in den Ofen.** In den meisten Kalköfen bildet man, welcher Art auch das Brennmaterial sei, zuerst die Feuerheerde, indem man platte Kalksteine von einiger Breite und gleicher Dicke gegen die Wände des Ofens in Form von Bänken oder Sockeln, wie in Figur 3, setzt, um als Grundlage für die ruhenden Lagen des Gewölbes zu dienen, unter welches man das Brennmaterial bringt, und verbindet sie zum bessern Halte durch Lehm. Da diese Steine jedoch nach ihrer Stellung unmöglich die gehörige Gare erhalten können, so thut man besser, diese Bänke von gebrannten Steinen breit gelegt aufzuführen, wie Figur 10, so daß sie einen mit dem ganzen Ofen zusammengehörigen Theil ausmachen. Diese Anlage gewährt mehr Festigkeit, als jene, und es ist

Digitized by Google

anzurathen, sie namentlich da auszuführen, wo mit Torf oder Kohlen gefeuert wird.

Nach Anlage der Widerlager schreitet man, wie folgt, zu dem Einsetzen der Kalksteine: Man beginnt nämlich damit, daß man die größten Stücke wölbartig mit Verband oder Verzahnung aneinander fügt, indem man sie nach dem Mittelpuncte des Gewölbes gleich Keilen oder Wölbsteinen, richtet. Der Abstand der Binder kann 54 bis 81 Millimeter (2 bis 3 Zoll) in der Breite betragen, und hat zum Zweck, gleichzeitig mit den Zwischenräumen, die man zwischen der Berührung der Wölbsteine läßt, der Flamme freien Spielraum zu lassen, daß sie sich erheben und ausbreiten und dergestalt mit dem erforderlichen Hitzgrade auf alle Flächen der zu brennenden Steine wirken kann.

Man kann auch das Gewölbe durch Sätze von langen und platten Steinen formen, deren einer in seiner horizontalen Lage immer etwas über den vorhergehenden vorspringt, welche Methode in der Nähe von Metz und an einigen anderen Orten befolgt wird.

Sie ist der ersten Methode aus dem Grunde noch vorzuziehen, weil man dabei weniger Mühe hat, den Steinen zahlreiche Zwischenräume zu geben, welche, Durchzüge bildend, der Flamme leicht das Aufsteigen nach dem obern Theile des Ofens gestatten. Bei jeder Art des Wölbens muß man Lehrbögen zu Hülfe nehmen, die man vor dem Brennen wieder herausnimmt, wohl auch bei der Heizung mit ausbrennt, sowie man den Wölbbögen durch Schlußsteine ihren gehörigen Halt gegeben hat. Dieses Gewölbe hat die Bestimmung, die ganze Last der zum Brennen aufgefüllten Steine zu tragen, die man dann so einwirft, daß sie an Größe nach und nach abnehmen, je höher man kommt, oder je mehr sie sich von den Wänden des Ofens entfernen;

Digitized by Google

immer so, daß sie der Flamme die meiste Fläche bieten und hinreichenden Spielraum für sie lassen, was man am leichtesten bewirkt, wenn man sie auf die Ecken oder Kanten stellt. Die kleineren Brocken (Kothen) spart man zu dem Ausfüttern an den Wänden und den obern Theil des Schachtes zu verfüllen. Ueber die Gicht häuft man noch kleine Steine bis zu 65 Centimeter (2 Fuß) Höhe. Das Ganze dieser Anordnung beabsichtigt, die Calcination der größeren Steine zu erleichtern, indem sie dergestalt eingesetzt die Stellen einnehmen, wo der Hitzgrad am höchsten ist und dadurch einer hinlänglich kräftigen Einwirkung unterworfen sind, um gleichzeitig mit den kleineren Steinen gar zu brennen. Würden große und kleine Steine vermengt, dann wären die letzteren bald todtgebrannt, weil deren Gare eine schwächere ist und weniger anhaltende Hitze erfordert. Eine gleiche Aufmerksamkeit muß bei jeder Brennmethode auf die Zwischenräume verwendet werden, weil sonst die Steine nicht gleichmäßig erhitzt, ein größerer Feuerungsaufwand nöthig und die Qualität des Kalks verlieren würde.

§. 37. Von der Leitung und dem Detail des Brennens. Die Leitung des Brandes bleibt bei jeder Art des Heizmaterials ziemlich dieselbe.

Sobald die Steine eingesetzt sind, beginnt man mit der Anfeuerung. Man zündet zu dem Zwecke unter dem Gewölbe ein Wenig lebhaftes Feuer, das Schmauchfeuer (petit feu, enfumage) an, welches man nöthigenfalls noch durch Aufschütten von Kohlengestäube dämpft und unterhält dieses zehn bis zwölf Stunden, wobei man von Zeit zu Zeit nachschürt und dahin wirkt, daß es möglichst viel Rauch und wenig Flamme macht, damit die Steine nur

Digitized by Google

allmählig ihren Gehalt an hygroskopischem und chemisch gebundenem Wasser verlieren, widrigenfalls sie zersprengt werden, wodurch die aufgesetzte Feuer- und Schürgasse zusammenfallen, die Zwischenräume verstopft, der Zug im Ofen gestört und dadurch eine Menge Biscuit entstehen, oder das Brennen total gehemmt werden würde.

Man findet unter dem gebrannten Kalke nicht selten Steine, die sich unvollständig, oder gar nicht löschen lassen, sie heißen in der Kunstsprache der Brenner und Maurer „Biscuits." Sie entstehen theils von ungleichmäßiger Hitze des Ofens, wodurch Steine an einzelnen Stellen nicht zur Gare kommen, d. i. noch Kohlensäure enthalten (basisch kohlensaurer Kalk); theils kann zu große jähe Hitze die Veranlassung geben, wenn sie der Mischung des Kalksteins nicht gemäß ist.

Es pflegt nämlich ein Kalkstein, der viel fremde Beimischungen von Kiesel-, Thonerde, Eisenoxydul, Magnesia enthält (magerer Kalkstein), bei heftiger Gluth zusammenzusintern, welches man Todtbrennen nennt. Dergleichen todtgebrannter Kalk (chaux mort) enthält im Innern oft noch kohlensauren Kalk, indem die Kohlensäure durch die äußerlich zusammengesinterte Rinde nicht entweichen kann.

Dieses gelinde Feuer, wobei ein schwarzer dicker Rauch aufsteigt, wird so lange unterhalten, bis der Rauch, der mit Dünsten geschwängert ist, sich vermindert und sich in gewöhnlichen Rauch verwandelt. Hält man die Hand einige Zeit über die Zuglöcher und spürt man, daß sich wässerige Dämpfe nicht ansetzen, so läßt sich dieses als Zeichen annehmen, daß die Steine ausgetrocknet sind, und man nun die Gluth verstärken kann.

Man vermehrt sie nur nach und nach, bis man endlich nach einiger Zeit den Steinen das völlige Glüh- oder Flackerfeuer geben kann. Dies Glühfeuer muß nun bis zur Beendigung des Brandes in gleicher Stärke unterhalten werden. Bei

Nachlässigkeit im Nachschüren geht nicht allein mehr Holz bei'm Brande auf, sondern die Steine erhalten auch nicht die rechte Gare, worauf doch Alles ankommt.

Wenn die Steine hinlänglich abgeraucht sind und durch das allmählig verstärkte Feuer bis gegen das Drittel der Höhe der Füllung in's Weißglühen kommen, so tritt die Flamme zurück, weil die Luft im untern Theile des Ofens im Verhältniß zu dem obern weit verdünnter ist. Sie steigt nur schwer auf und würde die Füllung in der Höhe der Gicht nicht erreichen, vielmehr mit Gewalt durch das Schürloch ausgetrieben werden, wenn man es nicht mit einer Thür von Blech oder gegossenem leichten Eisen verschlösse. Diese Erscheinung findet vorzüglich bei Oefen mit enger Gicht Statt, man nennt sie „Zurückschlagen (rebutage) der Flamme."

Von dem Augenblicke an, wo sie eintritt, steigt die Flamme nach und nach wieder und erreicht die höheren Theile des Ofens. Jetzt muß das Feuer verstärkt und bis zum Garbrennen in gleichmäßiger Stärke unterhalten werden; denn ohne diese Vorsicht würde der Brand vielleicht ganz mißlingen.

Die Kalkbrenner beurtheilen gewöhnlich das Fortschreiten des Brandes nach den heraustretenden Flammen.

Wenn der Rauch des Schmauch- und kleinen Feuers vorüber ist, zeigt sich nacheinander eine dunkelrothe, violette, bläuliche, gelbliche und endlich eine weiße Flamme *). Die letztere Farbe betrachten sie als Zeichen, daß die Kalksteine gar sind.

*) Man bemerke hier die Uebereinstimmung mit den Farben des Spectrum oder die Farben in umgekehrter Folge, die bei dem Anlassen eines Stücks Stahls erscheinen.

In einigen Gegenden herrscht der Gebrauch, in die Füllung des Ofens aufrechtstehend oder schräg Stücke Holz einzusetzen, wie in Figur 3, 4 und 5, wodurch sich so viel Essenschläuche bilden, die nach der Meinung die Circulation der Luft und Hitze befördern.

Es ist kein Zweifel, daß dieser Zweck damit erreicht werde; es lassen sich jedoch große Vortheile nicht absehen, vielmehr scheint es, als wären diese Röhren eher nachtheilig für die Gare des Kalks. Es wird nämlich darin ein Luftstrom entstehen, der vor den übrigen durch die Steine selbst verschieden ist; dadurch entsteht eine ungleiche Vertheilung der Hitze und folglich ein ungleicher Brand.

§. 38. **Von dem Hitzgrade, der in einem Kalkofen Statt finden soll, und von den Pyrometern.** Das Brennen des Kalks erfordert eine Hitze von 15 bis 30° des Pyrometers von Wedgwood, je nachdem der Stein mehr oder weniger dicht und mit Wasser geschwängert ist.

Ein Grad der Pyrometerscale stimmt mit 72° des hunderttheiligen Thermometers (Celsius). Nach dem Thermometer würden daher 1080 bis 2160 Grad erforderlich sein, wenn das Thermometer fähig wäre, so hohe Hitzgrade anzuzeigen.

Das Princip, worauf die Construction der genannten Pyrometer gegründet ist, ist das der Thonerdemischungen, in der Hitze das Volumen zu verringern.

Der Pyrometer von Wedgwood ist eigentlich nur eine gute empirische Probe, um die Hitzgrade eines Ofens zu schätzen, keineswegs aber ein rationelles Instrument zum Messen von Temperaturen. Da es auf dem Schwinden des Thons beruht, dieses aber bei der ungemeinen Verschiedenheit dieses Fossils offenbar sehr ungleich sein muß, so ist es ein reiner Zu-

Digitized by Google

fall, wenn zwei Cylinder, nebeneinander in den Ofen gelegt, einerlei Grade angeben.

Man gebraucht es auch nur, die hohen Hitzgrade der Schmelzöfen, Glasöfen, Fayenceöfen ꝛc. zu messen, weil diejenigen Instrumente, die sich auf die Ausdehnung des Queckſilbers oder des Alkohols beziehen, nur bei geringen Temperaturen brauchbar sind.

Der Pyrometer von Wedgwood ist zusammengesetzt:

1) aus einem Maßstabe mit Falzen oder Rinnen, deren Wände unter sehr spitzem Winkel convergiren, worauf die Theilung oder Grade gezeichnet sind, die zur Kenntniß der Hitzstärke dienen, welche man beobachten will (Fig. 20).

Da dieser Maßstab der Hitze nicht ausgesetzt wird, so kann er aus jedem beliebigen Metall bestehen; gewöhnlich ist er von Messing. Ihn bilden drei kleine Lineale a, a, a, die auf einem vierten fest sind.

Wenn der Falz nicht in Einem fortläuft, sondern in zwei Abtheilungen besteht, wird das Instrument weniger lang und bequemer.

Die Länge des Maßstabes ist in 240 Theile oder Grade getheilt, deren Anfangs- oder Nullpunct, welcher an dem weitesten Ende der Falze angebracht ist, mit 580° C. *) correspondirt

2) Aus einem kleinen Cylinder b von gebranntem Thon, dessen Durchmesser der größten Weite der Rinnen gleich ist, und

3) aus einem Tiegel, ebenfalls von feuerfester gebrannter Erde, der blos zur Aufnahme des Cylinders bei'm Einsetzen in den Ofen bestimmt ist.

*) Die Bezeichnung 0° bedeutet keineswegs die absolute Abwesenheit von Wärme, in Betracht, daß auch an die kältesten Körper noch Wärmestoff gebunden ist.

Digitized by Google

Will man nun die Temperatur eines Kalkofens messen, um sie nach Umständen erhöhen oder vermindern zu können, setzt man den Tiegel mit dem kleinen Cylinder in einen Zwischenraum der Kalksteine zur Erhitzung. Nach einiger Zeit nimmt man den Cylinder heraus, schiebt ihn zwischen die Wände der Falze und beobachtet den Punct, wo er einklemmt. Hieraus sieht man, wie viel in demselben Momente dessen Schwinden beträgt und lies't an den Graden die Hitze ab, welche der Ofen im Innern angenommen hat.

Die Kante der einen cylindrischen Grundfläche ist schräg abgeschnitten, damit man sie nicht verwechseln könne, welches für die Genauigkeit wichtig ist, da es immer sicherer ist, den Cylinder mit derselben Seite in den Falz einzuführen. Gewöhnlich ist es die untere Kante der Abschrägung, welche man zum Ablesen der Grade benutzt. Auch schneidet man von der Seite des Cylinders parallel der Achse ein flaches Stück ab, damit derselbe sich besser in dem Falze fortschieben lasse.

Wie bereits gesagt, ist der beschriebene Pyrometer kein genaues Instrument und giebt nur Näherungswerthe; er wird jedoch immer in gewissem Grade, bei ähnlichen Umständen, wie vorliegende, maßgebend sein.

Die Unvollkommenheiten des Instruments hängen ab:

1) Von der chemischen Zusammensetzung der Paste, wovon der Cylinder geformt wird, d. i., von der Natur der erdigen Grundstoffe, woraus sie besteht, wie auch von der Verbindung und der Dichtheit dieser Stoffe;
2) von den verschiedenen Umständen, die dazu beitragen, die Wirkung der Hitze auf die Thonmischung zu modificiren, und die sonach viel Einfluß auf das Schwinden derselben haben;
3) von der größern oder mindern Genauigkeit bei dem Formen des Cylinders;

Digitized by Google

4) von der Anbringung der von Wedgwood angenommenen Gradtheilung, die ohnedem nicht die beste ist, um die Verlängerung von Körpern zu messen, die einer Hin- und Herbewegung zugänglich sind;
5) endlich von den Ursachen, die mehr oder weniger Abweichung zulassen, wie, z. B., die äußere atmosphärische Temperatur.

Bisher hat man das Schwinden pyrometrischer Körper nur in der Breitenrichtung gemessen. Es scheint aber angemessen, wenn man ihre Länge und Breite gleich macht, sie auch mit demselben Maßstabe, ihrer Längenausdehnung nach, zu untersuchen, was eine Art Controle abgeben würde. Zu diesem Zwecke müßte man eine Form wählen, die bei der Ausübung die größte Genauigkeit gewährte, z. B., den Würfel.

Auch könnte man zu gleichem Zwecke mehrere ähnliche Körper der Hitze aussetzen und sie nacheinander in den Falz des Maßstabes einführen, um ein arithmetisches Mittel zu bekommen.

§. 39. Ein anderer Pyrometer ist von Brogniart, Director der Porcellan-Manufactur von Sévres, erfunden nnd wird in diesem großartigen Etablissement zur Regulirung der hohen Hitzgrade der Porcellanöfen benutzt.

Das Instrument besteht aus einer Platinstange ab (Fig. 16ª, Taf. II.), durch einen Falz m n von demselben Metall unterstützt. Das eine Ende dieser Stange ist unbeweglich in einem Halter x y befestigt, während an das andere ein Winkelhebel cdc' stößt, der um den Drehpunct d beweglich ist, und dessen Arm dc' viel länger, als der Hebelarm cd, im Verhältniß 100 : 1, sein muß und in eine feine Spitze ausläuft. Dieser Arm liegt außerhalb des Ofens und zeigt auf einem Gradbogen ef, dessen Mittelpunct in d liegt, die Veränderungen an, welche die Platinstange durch die Hitze in ihrer Länge erleidet. Dehnt sie sich, z. B., um einen Millimeter aus, so wird sie in dieser Länge das Ende des Arms c forttreiben und somit die Nadel drehen, die dann

Digitized by Google

auf dem Gradbogen 100 Millimeter oder 1 Decimeter durchläuft. Der durch das Ende der Nadel durchlaufene Weg wird sonach stets das Fortrücken des kleinen Armes nach dem Verhältnisse ausdrükken, welches zwischen den beiden Hebelarmen Statt findet.

Will man die allerkleinste Bewegung des Hebels beobachten, so theilt man den Bogen in halbe Millimeter. Trägt man einen solchen Theil auf das Ende c über, so bewegt sich dieses um $\frac{1}{200}$ Millimeter, wenn die Spitze der Nadel $\frac{1}{2}$ Millimeter fortrückt, und zeigt so die Verlängerung der Platinstange um $\frac{1}{200}$ Millimeter oder $\frac{1}{400}$ Linie an. Erfahrungen haben gezeigt, daß in der That die Nadel bei gleichen Temperaturen stets auf denselben Gradstrich zurückkommt.

Da der Halter, sowie der Winkelhebel, wiewohl sie außerhalb des Ofens liegen, doch auch eine Ausdehnung durch die Hitze erleiden, welche auf das Anzeigen von Einfluß ist, so hat Janvier eine Verbesserung angegeben, die hier aber unbeachtet bleiben kann. Im Allgemeinen können alle bekannten Pyrometer, wie gesagt, nur vergleichungsweise unter sich die Hitzgrade angeben, nicht aber proportional und vergleichbar mit dem Thermometer, d. i., der Lufttemperatur.

§. 40. Von der Leitung des Feuers an sich. Es ist unmöglich, die Leitung des Feuers in sichere Regeln zu bringen, da sie nicht allein von der Construction der Oefen, sondern auch von der Beschaffenheit der Steine und des Brennmaterials abhängt. Wir können hier nur durch einige der Praxis entnommene Beispiele einen Anhalt geben. In den Oefen Lothringens brennt man den ersten Tag 1 Klafter (corde) Holz zum kleinen Feuer (embrase-

Digitized by Google

ment); den zweiten Tag braucht man 6 Klaftern zur Verstärkung des Feuers; den Ofen in dieser Temperatur den dritten Tag zu unterhalten, bedarf es 5 Klaftern, den vierten 4 Klaftern. Man läßt die Hitze abnehmen und verwendet den fünften Tag noch 1 Klafter. Es werden also in Allem 17 Klaftern consumirt, so daß 46,58 Stères auf 42,85 Cubikmeter Kalk oder 1,087 auf 1 verbraucht wurden. Man läßt nun den Ofen 24 bis 48 Stunden abkühlen, bevor man die Steine ausfährt.

Da die lothringische Klafter (carde) 2,74 Stères oder Cubikmeter = 98 pariser Cubikfuß enthält, so ist sie = 88,6 rheinischen Cubikfuß = $\frac{4}{7}$ preuß. Klaftern annähernd.

Es sind also 17 lothringische Klaftern nahe 14 Klaftern preußisch.

Nach Jachtmann wurden bei einem Versuch im Großen zu einem Einsatze von 1066 Centner Kalksteinen, bei einem Garbrand von 112 Stunden, 6 Haufen Holz, jeder 18 Fuß lang, 9 Fuß hoch, 3 Fuß breit, gebraucht.

Bei einem Einsatze von 969 Centner wurden 238 Bergscheffel (ziemlich à 3 Cubikfuß) Steinkohlen verbrannt.

Eiselen setzt 1500 Stück Torf gleich 1 Klafter Holz; Langsdorf 21 Pfund trockenen Torf gleich 20 Pfund trockenem Föhrenholze; nach andern Versuchen leisten 9 Pfund trockener Torf soviel, als 8 Pfund trocknes Buchenholz; 20 Cubikfuß gute Glanzkohlen gleich 120 Cubikfuß Holz. Auch 5 Scheffel gute Steinkohlen auf eine Klafter Holz mittlerer Güte oder 7 Pfund Steinkohlen auf 12 Pfund Buchenholz.

Nach Trieſt gehören zum Brennen von 5 Prahm Kalksteinen (à 422 Cubikfuß incl. Zwischenräume):

7 Haufen kiefernes Holz, den Haufen zu 4½ Klafter;

11⅔ Haufen Torf (die Stücke zu 9 bis 10 Zoll Länge, 3 bis 3½ Zoll in's Gevierte, oder:)

8 Haufen Torf (à 6000 Stück), nach dem Volumen, wovon 1500 Stück der Eiſelen'ſchen Angabe gleichen Brennſtoff wie 1 Klafter Holz geben, (9 bis 10 Zoll Länge, 3 bis 3½ Zoll in's Gevierte).

Bei den Verſuchen von Eiſelen, die auf höhere Anordnung angeſtellt wurden, ergaben ſich folgende Reſultate:

1) Ein Ofen, der mit 3¾ Prahm ordinären Rüdersdorfer Kalkſteinen, zu 362 Cubikfuß, und mit 1818 Stück gewöhnlichen Mergelſteinen*) in vier Schichten über dem Steinkalk beſetzt war, und bloß das Schmauchen mit Holz verrichtet wurde, erforderte 3⅓ Klafter Schmauchholz und 66400 Torfſtücke.

2) Ein Ofen, welcher mit 2½ Prahm dergleichen Kalkſteinen, jeden zu 362 Cubikfuß, und mit 3376 Stück kleinen Mergelſteinen vollgekarrt war, wobei ſowohl das Schmauchen, als auch das Brennen ſelbſt mit Torf geſchah, und der Ofen zur Hälfte mit Stein-, zu Hälfte mit Mergelkalk angefüllt war, erforderte 7300 Stück Torf zum Schmauchen und 43700 Stück zum Garbrennen.

Bei dem Gebrauche von Holz wären nöthig geweſen: zum Schmauchen 2⅔ Klaftern, zum Brennen des Steinkalks ꝛc. 23⅚ Klaftern.

3) Ein Ofen, der mit 5 Prahm Steinkalk à 362 Cubikfuß, ohne Mergelſteine, eingeſetzt war, wobei das Schmauchen mit Torf, das Brennen mit

*) Von 14½ Zoll Länge, 8¼ Zoll Breite, 2 Zoll Dicke.

Digitized by Google

Torf geschah, wurde mit 74700 Stück Torf gar gebrannt.

4) Ein Ofen, der mit vier Prahm Steinkalk und 1025 Stück ordinären Mergelsteinen angefüllt war, wo das Schmauchen mit Holz, das Brennen selbst mit Torf verrichtet wurde, dabei aber unter den Kalk noch 17 Bergscheffel Steinkohlen eingeschichtet waren, erforderte 3½ Klaftern Schmauchholz, 17 Scheffel Steinkohlen und 48400 Stück Torf.

Bei Holzbrande wäre nöthig gewesen: 30 Klaftern kiefernes Holz und die angegebene Menge Steinkohlen oder dafür im Ganzen 32¾ Klaftern.

Man kann nach diesen Versuchen im Durchschnitt 2000 Stück von der leichten Art Torf gegen 1 Klafter Kiefernholz rechnen.

Zu einem Cubikfuß roher Seemuscheln werden 10½ Cubikfuß Torf erfordert.

Der Gang bei Regulirung der Heizung, wie er in seiner ungleichen Stärke hier beschrieben worden, ist und darf nicht berechnet werden nach der Theorie der Hitzeffecte, die zu Austreibung eines Bestandtheils von Mischungen erfordert werden; denn nach diesen Principen, die nur bei Gegenständen anwendbar sind, welche bei hohen Temperaturen sich nicht zersetzen, würde gegen das Ende des Brandes eher die Verstärkung des Hitzegrades nöthig werden, um die letzten Atome von Kohlensäure auszutreiben, die in dem Innern der Steine fester, als nach Außen hängen, als daß man ihn durch Verminderung der Feuerung schwächen dürfte, wenn die Calcination sich ihrem Ende naht. Aus der Verstärkung des Feuers würde aber in dem vorliegenden Falle der große Uebelstand entstehen, daß der bereits gare Kalk leicht zusammensintern und verglasen könnte, weil er stets mehr oder weniger unrein, und mit Thonerde, Kieselerde und metallischen Oxyden gemischt ist.

Digitized by Google

Nur der Marmor in seiner eigenthümlichen Reinheit könnte eine fortdauernd zunehmende Hitze vertragen.

§. 41. In dem beschriebenen Verfahren liegt allerdings ein, durch Ermäßigung der Hitze herbeigeführter Verlust an Brennmaterial; dieser ist aber unvermeidlich. Jedoch ist es möglich, ihn auf ein äußerst Geringes zu reduciren, wenn man berücksichtigt, die großen Steine auf diejenigen Stellen zu bringen, wo die Hitze mehr unmittelbar einwirkt, wie bereits bemerkt worden, also in den untern Theil des Ofens und, der Höhe nach, bis gegen die Mitte der Masse.

Man hat folgendes Mittel zur Beseitigung jenes Uebelstandes vorgeschlagen: man soll nemlich zwei Heerde anbringen, den einen wie gewöhnlich auf dem Grunde des Ofens, den andern gegen ⅔ Höhe der Füllung in der äußern Wand des Ofens nach der Art der Alandiers*) der Porcellanöfen. Man würde dann Anfangs auf dem untern Heerde mit dem möglichst starken Feuer heizen, und wenn man die Steine bis zu dem zweiten Heerd für gar erachtet, dies Feuer ausgehen lassen und den obern Alandier anfeuern. Da das Innere des Ofens bereits große Hitze hat, so würde dann keine weitere Vorsicht nöthig sein; das Feuer würde schnell zur Gicht des Ofens aufsteigen und den stärksten Grad erhalten können, um schnell die Calcination der Füllung in dem oberen Theil des Ofens zu beenden. Man erwartet dadurch Gewinn an Zeit und Brennmaterial.

*) Man nennt Alandiers die Feuerungen, die bei einem (stehenden) Porcellanofen, 4 bis 5 an der Zahl, in dem Umfange des Ofens angebracht sind.

Digitized by Google

§. 42. Von der Anordnung des Heizmaterials auf dem Heerde. Bei jeder Art des Brennmaterials zündet man das Feuer durch Stroh, Reisigholz, Späne und dergleichen an.

Bei Holzbrand sind die Scheite kreuzweis zu legen, damit die Luft sie leicht umziehen könne. Zu große Scheite müssen gespalten werden, weil sie so ein lebhafteres Feuer geben, welches sich auf die ganze Heizfläche besser verbreitet.

Brennt man Reisigbündel, so muß man ebenfalls die Stücke mittelst einer Gabel sorgfältig auszubreiten suchen. Aus gleichem Grunde wird der Torf auf einem Roste vertheilt, und der Brenner hat von Zeit zu Zeit denselben mit einer Gabel aufzulockern, um dem Feuer mehr Lebhaftigkeit zu geben. Dabei ist von Stunde zu Stunde mit einer eisernen Krücke die durchgefallene Asche aus dem Aschenloche zu ziehen. Diese, bei einem Torffeuer, welches stets viel Asche giebt, unerläßliche Procedur, beugt dem Verstopfen vor und begünstigt den durch den Rost streichenden, zur Verbrennung nöthigen Luftzug.

Ist bei der Steinkohle die Anfeuerung angezündet, so trägt man in der Höhe von 10 bis 13 Centimeter (4 bis 5 Zoll) faustgroße Stücke locker ein, so daß hinlängliche Zwischenräume zu dem Durchdringen der Luft und der Flamme bleiben.

Dies dergestalt geordnete Feuer wird so lange in demselben Maße, d. i. gelind erhalten, bis der Kalkstein hinreichend erhitzt und abgedampft ist. Hierauf bringt man eine größere Masse Kohlen ein, um die Hitze auf den gehörigen Grad zu treiben; jedoch stets mit Vorsicht, und man darf nicht grobe Kohle und Kohlenklein beliebig untereinander werfen, auch das Feuer nicht zu oft schüren, weil in beiden Fällen das Kohlenklein die Zwischenräume und den Rost verstopfen, dadurch den Luftzug hemmen, die Ver-

Digitized by Google

brennung dämpfen und häufig sogar zum Rückschlagen der Flamme und des Rauches durch die Feuerthür Veranlassung geben könnte.

Im Allgemeinen darf das Steinkohlenfeuer nicht eher geschürt werden, als bis die Kohlen zu sehr backen und oberhalb eine Art Gewölbe bilden, welches eingestoßen werden muß.

Feuert man endlich mit Holzkohlen, so genügt es, die Stücke einfach und möglichst kreuzweise über einander zu werfen und sie von Zeit zu Zeit zu schüren.

Die Ersparung an Brennmaterial hängt zum Theil auch von der Anordnung des Zuges ab, also von der Quantität Luft, die zur Unterhaltung der Verbrennung in den Ofen tritt. Je mehr Luft in Masse Zutritt erhält, desto mehr muß an Brennmaterial zur Unterhaltung des Feuers nachgelegt werden, welches durch den Zug um so wirksamer wird; es darf die Hitze durchaus nicht nachlassen, weil dadurch die gleichmäßige Vertheilung derselben gestört und Biscuits entstehen würden. Die Zuführung der äußeren Luft muß daher mit Kunst geregelt werden, sei es durch die Thür des Heerdes, durch Canäle oder Leitungen, die zu diesem Zwecke in dem Boden oder in den Seitenflächen des Ofens angebracht werden, wie man in den Figuren 9, 14, 15 sieht.

Bei Oefen, die nur schlicht angelegt sind, wo oft keine Thüre, noch weniger besondere Züge angebracht sind, werden die Kalkbrenner genöthigt, nach jeder Füllung die Gicht zum Theil mit Steinen oder Rasen zu decken, um zu jenem Resultate zu gelangen.

Zuweilen begnügen sie sich, an die Mündung der Gicht ein Reisigbund zu stellen und es darüber zu werfen, wenn das Feuer Speisung bedarf. Es wird dann durch ein anderes ersetzt, und dieses Manöver

Digitized by Google

so oft wiederholt, als der Heizproceß es verlangt. Es ist aber ersichtlich, daß dergleichen Nothbehelfe nur unvollkommene Resultate geben müssen.

Wenn man Brennmaterial mit der Schaufel oder Gabel in den Ofen nachlegt, so entsteht in demselben Augenblicke zwischen den Ofenwänden und den Oberflächen der Steine, die nicht so liegen, daß sie der Wirkung des Feuers unmittelbar ausgesetzt sind, ein Luftstrom, der im Stande ist, die Calcination an diesen Stellen zu unterbrechen, kurz, sie unvollkommen zu machen; weil das Feuer, wie gesagt, immer heftig und ununterbrochen sein muß. Es entsteht dadurch nicht allein ein Verlust an gut gebranntem Kalke, sondern auch an Brennmaterial, indem der Ofensatz theilweise mißglückt.

Das einzige Mittel diesem Uebelstande vorzubeugen ist, den Luftstrom zu regeln, der zwischen der Gicht und der oberen Mündung entsteht, durch den der Rauch und die Flamme entweichen, indem man diese Mündung möglichst verkleinert. Die nach diesem Principe construirten Oefen haben immer die besten Resultate gegeben.

§. 48. Von den geeigneten Mitteln, die Abkühlung des Kalkes nach dem Brennen zu bewirken. Nach geschehener Gare des Kalkes muß das Feuer gedämpft werden und die Hitze im Innern des Ofens allmählich abnehmen, bis die Abkühlung des Kalkes vollständig ist, was durch öffnen der Thür beschleunigt werden kann. Es ist jedoch besser, sie verschlossen zu halten und überdieß die obere Mündung des Ofens noch besonders durch einen breiten Stein x zu decken (Fig. 9), indem der Kalk dadurch härter, dichter wird und nicht so leicht an der Luft zerfällt, sich also auf größere Entfernungen fortschaffen läßt, ohne an Güte merklich zu verlieren.

Digitized by Google

Nach der Erkaltung, oder sobald der Kalk hantirbar geworden, was im Allgemeinen in allen Arten von Oefen 6 bis 8 Stunden nach dem Erlöschen des Feuers erfolgt, fährt man den Ofen aus, indem man die Wölbung einstößt, und bringt den Kalk in Kästen oder, wenn er längere Zeit aufbewahrt werden soll, in luftdicht verschlossene Fässer. Denkt man aber ihn sofort oder doch kurze Zeit nach dem Brande zu verbrauchen, so genügt es, ihn vorläufig unter Schuppen aufzuschütten. Wegen bequemern Ausziehens des Kalkes ist es rathsam, den Rost mit Bretern zu belegen. Sobald der Ofen geräumt ist, zieht man die Asche aus und füllt ihn von Neuem. Die vorgefundenen Kohlen werden in Löschkästen zu fernerm Gebrauche aufbewahrt.

§. 44. Von der zu dem Calciniren der Kalksteine bei periodischem Brennen mit großer Flamme nöthigen Zeit, und über die Kennzeichen, woran man erkennt, ob die Steine die vollkommene Gare haben.

Die zu der Calcination erforderliche Zeit ist unter allen Umständen nicht eine gleiche. Aehnliche Verhältnisse, wie die bereits bei der Leitung des Feuers erwähnten, wie Härte der Steine, Art des Brennmaterials, machen auch hierbei ihren Einfluß bemerkbar; nächstdem aber noch die Temperatur und hygrometrische Beschaffenheit der Luft.

So brauchen, z. B., die größten in Lothringen üblichen Oefen 5 Tage auf 40 Stères Eichenholz oder 48 Stères weiches Holz, um gegen 43 Cubikmeter Kalk gar zu brennen.

In den Oefen nahe Mauriac dauert die Feuerung 24 Stunden und verzehrt 40 bis 50 Stères Kastanienholz zu 30 bis 35 Cubikmeter Kalk.

Ferner werden die Oefen bei Fraissac le haut drei Tage und Nächte geheizt und liefern 100 Cu-

Digitized by Google

bikmeter Kalk, wozu 333 Stères Holz erforderlich sind.*)

Diese Anomalien, die einen positiven Schluß nicht zulassen, erklären sich aus der mehr oder weniger guten Construction der Oefen, den Dimensionen der Zuglöcher und dem Verhältniß der Oeffnung, aus welcher der Rauch entweicht; endlich aus der größern oder mindern Sorgfalt bei Anordnung des Heizmaterials und aus der Art, wie das Feuer geleitet wird.

Indeß stimmt man ziemlich überein, daß als Mittelzahl 3 Tage zur Feuerung, sowohl bei Holz als bei Torf, gerechnet werden können, und die Calcination nahet sich dem Ende, wenn folgende Kennzeichen bemerkt werden:

1) Ein größeres oder geringeres Zusammensinken der Masse in der Höhe, je nach der Natur des Kalksteins und der Dimension des Ofens. Es beträgt gewöhnlich ein Sechstel und findet stets wenige Stunden vor dem Ende der Operation, zuweilen schon 6 Stunden vorher, statt.
2) Die Flamme steigt aus dem Obertheil des Ofens fast ohne Rauch. Während der Operation zeigt sie die oben erwähnten Farben: Braun, Dunkelroth, dann Violett, Blau und endlich Weiß. Diese letztere Farbe ist ein Zeichen, daß die Steine gar sind.
3) Die glühenden Steine haben, durch das Mundloch betrachtet, eine schöne lichtrosa Farbe und sehen, wenn sie durchgängig ausgebrannt sind, wie lockere Baumwolle aus.

Am zuverläßigsten kann man sich von dem Stande der Calcination überzeugen, wenn man einige

*) Vergleiche §. 38.

der größern Steine aus dem obern Theile des Ofens nimmt, um sie mit Wasser zu löschen. Auf den Kalkbrei gieße man einige Tropfen Salpeter- oder Schwefelsäure. Ist die Kohlensäure vollkommen ausgetrieben, so zeigt sich kein Aufbrausen, und dann kann man gewiß sein, daß die Kalksteine die vollkommene Gare haben.

Die Kalkbrenner haben indeß, in Folge langer Uebung, sehr selten nöthig, von dieser Probe Gebrauch zu machen.

§. 45. Besondere Vorsichtsmaßregeln, die zum Gelingen der Calcination beobachtet werden müssen.

Das Brennen der Kalksteine erfordert besondere und unerläßliche Vorsichtsmaßregeln, wenn es das gewünschte Resultat gewähren soll. So ist jedes theilweise Abkühlen nach dem Rückschlagen der Flamme zu vermeiden; ein einziger Windzug reicht hin, das Sinken des Hitzegrades zu bewirken und dem bereits rothglühenden Steine dunklere Färbung zu geben, was stets dem Erfolg der Operation nachtheilig ist.

Dagegen läßt sich ein Brand, der erkaltet ist, wenn nur die Abkühlung gleichförmig erfolgt ist, ohne Nachtheil von Neuem durchbrennen. Der Grad des Vertrauens zu dieser Zusicherung läßt sich aus einem Versuche von Hassenfratz entnehmen. Derselbe nahm ein Stück Kalkstein von Château-Landon, wog es und legte es in das Caminfeuer. Nach 8 Stunden Glühen wog er es wieder und fand 0,24 Verlust. Den andern Tag wurde die Operation 8 Stunden lang wiederholt und der Gewichtsverlust 0,11 oder 0,35 des anfänglichen Gewichts gefunden. Einem dritten Mal dem Feuer ausgesetzt, hatte es bei'm Wiegen nach dem Erkalten 0,05 an Gewicht oder

Digitized by Google

0,4 des anfänglichen verloren; und endlich fand sich bei einer vierten Wiederholung 0,04 letzte oder 0,44 ganze Gewichtsabnahme. Untersuchungen zeigten, daß der Stein vollkommen zu Aetzkalk reducirt war; seine Dichtheit gab 1,606, indeß die des Steines vor dem Brennen 2,675 war.

Obgleich dieser, wie noch mehre dergleichen Versuche, keinen Zweifel über obige Behauptung lassen, so ist es doch aus Ersparungsrücksichten rathsam, nur im gebieterischen Falle das Erkalten eintreten zu lassen.

Es herrscht zwar ziemlich verbreitet der Glaube, ein erloschner Brand könne nur sehr schwierig wieder angezündet und zur Gare gebracht werden; jedoch gehört dieser, wie so manche andere in den Gewerben eingenistete, zu den Wahnglauben, die sich allmählich durch wissenschaftliche Ueberzeugung verlieren. Es trifft häufig, daß man bei'm Ausfahren des Kalkes halbgebrannte Steine findet; man hebt sie für folgende Brände auf, wo es genügt, sie in den obern Theil des Ofens zu schütten, um sie vollkommen in Aetzkalk zu verwandeln; was hier für den einzelnen Stein gilt, muß auch auf das Ganze anwendbar sein.

Unterdessen ist zu bemerken, daß nach den Beobachtungen von Vicat und Minart die todtgebrannten und nochmals calcinirten Kalkstücke, sowie alle Marmor- und fetten Kalke, die nicht gar gebrannt waren, auf einen Zustand gebracht sind, der weder Aetzkalk, noch kohlensaurer Kalk ist, der aber gemahlen und zu Mörtel verarbeitet, unter Wasser bindet.

Es ist nicht zu ermitteln, bis zu welchem Puncte diese Beobachtung mit dem vorliegenden Falle in Verbindung steht; gewiß ist jedoch, daß es immer möglich bleibt, die Steine, die nur halbe Gare haben nachträglich auf den Zustand eines ätzenden Kalkes zu bringen.

Starker Regen und Wind, Gewitter können dieselbe Folge herbeiführen oder den Brand verzögern. Diesem Uebelstande hilft man theils durch Bedeckung der Oefen mit Gewölben, theils durch weni-

Digitized by Google

ger kostspielige Ueberbaue, wie Schuppen, Schirmdächer, ab, die jedoch der Luft freien Zutritt lassen müssen.

Es lassen sich auch die Luftstöße durch Errichtung von Mauern, Bretwänden, oder dürre Zäune abhalten (Fig. 3), die man vor der Gicht des Ofens oder auch rundherum aufstellt. Man muß überhaupt Bedacht nehmen, diese Oeffnung mittelst einer soliden Thür von starkem Blech oder schwachem Gußeisen zu verwahren, in welcher man stets eine hinreichende Oeffnung (Register) zum Eintritte der zum Verbrennungsprocesse nöthigen Luft anbringt.

Uebrigens muß man möglichst vermeiden, das Brennen des Kalkes in einer übeln Jahreszeit vorzunehmen, was um so leichter berücksichtigt werden kann, da die Bauarbeiten in dieser Zeit ohnehin ausgesetzt werden.

§. 46. Von den zum Betrieb eines Ofens erforderlichen Arbeiten. Der Betrieb eines Ofens, sofern er die Leitung eines Brandes betrifft, kann bei'm periodischen Brennen füglich durch einen Mann geleitet werden. Es ist aber ersichtlich, das eine größere Anzahl zum Füllen nöthig ist, und daß diese Zahl sich nach der Art und dem Bau des Ofens, sowie nach der Entfernung, in welcher man den Rohstoff herbeischafft, abändern muß. Im Allgemeinen kann man drei Arbeiter, oder zwei Arbeiter und einen Gehülfen zu diesen Handleistungen rechnen, vorausgesetzt, daß die Kalksteine bis an den Fuß des Ofens durch Geschirre angefahren werden.

Digitized by Google

Zweiter Abschnitt.

Von den Oefen zum unterbrochenen Brande mit großer Flamme.

§. 47. Die Oefen zur periodischen Calcination mit großer Flamme sind nach der Natur des Brennmaterials verschieden. Die hier beschriebenen sind meistens nach einerlei Maßstab gezeichnet, wodurch eine Vergleichung leichter wird. Nicht alle kommen überein, daß sie gute Resultate hinsichtlich des Verbrauchs an Brennmaterial geben; sie sind jedoch unter denen ausgewählt, welche die meisten Vorzüge bieten, weniger um deren Gebrauch anzurathen, als um eine gewisse Parallele zwischen ihren Leistungen aufstellen zu können und so durch Folgerungen auf die Gestalt und Dimensionen zu gelangen, die für diese Art Oefen die zweckmäßigsten sind.

Wir werden dann am Schlusse dieser ersten Abtheilung diejenigen bezeichnen, die man vorzugsweise wählen kann, welches auch das Verfahren der Calcination sei.

Unter diesen Oefen giebt es welche, die ganz oberhalb der Erde liegen, andere wieder, welche ganz in selbige eingebaut sind. Im ersten Falle geschieht das Geschäft des Füllens auf einer aufgefahrenen Rampe (Fig. 9), die von der natürlichen Bodenfläche bis zu dem oberen Ende des Ofens aufsteigt. In dem andern Falle gelangt man bis zur Heerdsohle entweder auf gemauerten Stufen oder auf einer flach ansteigenden Rampe, wie in Fig. 4 und 6.

§. 48. **Von den Oefen zur Holzfeuerung.** Der Ofen Fig. 2 ist in der Gegend von **Montreuil sur mer** im Gebrauche. Es ist eine Art von gekürztem, umgekehrtem Kegel, mit einem Ge-

wölbe überbaut, in dem sich die Gicht x befindet, durch welche die Steine in den Schacht des Ofens gefüllt werden, zugleich aber der Rauch seinen Abzug nimmt. Er vermag 13 Cubikmeter Steine aufzunehmen, die gegen 12 Cubikmeter Kalk geben, und bedarf 12 Stères oder Cubikmeter Holz zum Garbrennen, wonach 1 Stère Holz auf 1 Cubikmeter Kalk kommt.

Der Ofen Fig. 3 wird in Metz und einem großen Theile Lothringens angewendet. Dessen Form ist ein Cylinder, der auf einem umgekehrten, gekürzten Kegel aufsitzt. Die größeren Oefen daselbst fassen bis 44,423 Cubikmeter (6 Toisen oder 1296 Cubikfuß) Steine, die sich auf 42,842 Cubikmeter (1250 Cubikfuß) gebrannten Kalk reduciren. Ein Brand verzehrt gewöhnlich 17 Klaftern (lothringische oder cordes) Eichenholz, welches 46,58 Stères (8 Cubiktoisen), oder auf den Cubikmeter Kalk 1,087 Stères Holz beträgt. Verbraucht man aber weiches Holz, so muß man gegen $\frac{1}{6}$ mehr rechnen.

In großen Anlagen sind mehre Oefen zusammengelegt und unter einander verbunden. Man umgiebt sie mit Erde, um den Wärmeverlust zu verhindern und führt gegen die Mitte des sich bildenden Hügels zwei Rampen, um dem Fuhrwerke die Anfuhre zu der Mündung der Gicht möglich zu machen.

Der Ofen Fig. 4 ist in der Champagne, bei Mézière und Sédan, eingeführt. Die Form ist cylindrisch und man versenkt ihn bis zu dem obern Rande der Seitenwände in die Erde. Zu dem Heerde führt eine zwischen zwei Futtermauern absteigende Rampe. Die Oefen um Mézière und Sédan halten 10,283 Cubikmeter (300 Cubikfuß) Steine, woraus 9,605 Cubikmeter (281 Cubikfuß) Kalk gewonnen werden. Dabei werden 400 bis 500 Rei-

Digitized by Google

sigbündel verbrannt, die gegen 13,814 Stères (3,6 Klaftern oder 403 Cubikfuß), d. i., auf den Cubikmeter Kalk gegen 1,43 Cubikmeter, betragen.

Der Ofen Fig. 5 ist an den Ufern der Ems gebräuchlich. In der obern Gegend dieses Flusses bauet man, der äußern Form nach, die Oefen ziemlich wie den vorhergehenden, giebt ihm aber zwei Schürlöcher und stellt ihn ganz über den Horizont. Auf 1 Cubikmeter Kalk braucht er 2,67 Stères Holz in Bündeln.

Der Ofen Fig. 6, der zu Metz im Gange ist, ist rund und hat Eigestalt. Man gräbt ihn bis zu den obern Lagen der Seitenmauern in die Erde. Er hält 11 Cubikmeter Steine, bringt 9 Cubikmeter Kalk und verzehrt 6 Stères Holz, oder auf 1 Cubikmeter Kalk 1,78 Stères Holz.

Eine ähnliche Construction von ziemlich roher Form ist in der Gegend von Gießen (bei Rodheim) gebräuchlich, worin man den dort anstehenden dichten (Uebergangs-) Kalk brennt. Der Ofen (Fig. 20, Taf. 2) ist aus demselben Kalksteine trocken (ohne Mörtel) schachtförmig aufgebaut, und wird an einem steil abfallenden Hügel, Hohlwege ꝛc. angebracht, so daß man leicht von obenher zur Gicht a, zur Beschickung, wie von unten her an die Feuerung b, zum Schüren, gelangen kann. Der Schacht ist durchweg rund (Umwälzungskörper), hat oben gegen 1,9 Meter (6 Fuß) Durchmesser und erweitert sich bis zum untersten Drittel allmählich auf 3,14 Meter (10 preußische Fuß). Dort bildet ein 1 Fuß ausladendes Gesims eine Einziehung der innern Weite, worauf diese wieder allmählich auf 2 Meter (6½ Fuß) am Boden abnimmt. Das erwähnte Gesims liegt in einer schrägen Ebene, um an der einen Seite der Schüröffnung Raum zu geben; auf ihm wird ein spitzbogenartiges Gewölbe cc von Kalkstein aufgesetzt,

Digitized by Google

worauf die Steine durch die Gicht ohne Ordnung eingeworfen werden, und zwar die größern zu unterst, die kleinern nach oben; sie werden dann noch in ziemlicher Höhe über die Gicht aufgehäuft.

Die Heizung (d) geschieht durch Scheit-, Stockholz. Der Brand dauert 3 Mal 24 Stunden und erfordert 60 Stecken Buchen-Stockholz (ungefähr 600 Centner), um 62,5 Stère (2020 rheinische Cubikfuß) gar zu brennen.

Das Ziehen nach dem Erkalten geschieht durch die Schüröffnung b.

In der Gegend von Straßburg sind Oefen wie Fig. 7, in rechtwinklig prismatischer Form, mit 1, 2, 3 auch 4 Schürlöchern in Gebrauch. Die Oefen mit 2 Schürgassen fassen gewöhnlich 1458 Cubikfuß (50,68 Cubikmeter) Steine, geben 1400 Cubikfuß (47,988 Cubikmeter) Kalk und brauchen 25 bis 30 Klaftern Holz (die Klafter zu 115 Straßburger Cubikfuß gerechnet) macht im Ganzen 2100 bis 2500 Cubikfuß oder 71,98 bis 85,69 Cubikmeter; daher auf 1 Cubikmeter Kalk im Mittel 1,65 Stères Holz kommen. Aehnliche Oefen findet man im Würtembergischen.

Die Oefen Fig. 8 befinden sich 1 Stunde von Mauriac; sie sind cylindrisch mit elliptischen Basen von trockener Mauerung aufgeführt, ungefähr drei Meter hoch. Man wölbt im Innern einen Bogen mit großen Kalksteinen, dessen Schlußstein gegen 2 Meter über dem Heerde liegt und füllt darauf faustgroße Kalksteinbrocken. Das Wölben und Einsetzen soll fast 24 Arbeitstage verlangen, weil es mit großer Sorgfalt geschehen muß; das Feuer dauert wenigstens 24 Stunden und wird mit Kastanienholz unterhalten. Man braucht auf einen Tag 40 bis 50 Wagen im Werthe von 150 bis 200 Francs. Der Wagen ladet beinahe einen Stère Holz. Das

Digitized by Google

Product schätzt man auf 600 bis 700 Cartons oder 30 bis 35 Wagen. Der Carton wiegt gegen 50 Pfund und kostet 10 bis 12 Francs zur Stelle.*) Es befinden sich in der Nähe 6 Oefen, die zusammen 60 bis 80 Brände das Jahr machen. Da 1 Stunde von den Oefen, bei Champagnis, eine Kohlengrube ist, so wäre offenbarer Gewinn, wenn man die Brennweise auf Steinkohlen einrichtete.

Bei Fraissac-le-haut befinden sich 2 oder 3 Kalköfen, ähnlich dem von Mauriac. Man feuert mit Scheiten von Tannenholz. Ein Ofen faßt wenigstens 400 Cartons zu 60 Cubikdecimeter oder 24 Meter; dazu verbraucht man gegen 80 Stères Holz, was auf 100 Cubikmeter Kalk 333 Stères Holz beträgt.**) Es wird drei Tage und Nächte geheizt, und das Feuer muß langsam und vorsichtig geleitet werden, weil die Steine den Fehler haben, leicht zu zerspringen, so daß zuweilen eine einzige Ueberhitzung das ganze Gewölbe verschüttet.

Bei den Oefen (Fig. 3 bis 8), die oben beschrieben worden, hat man der Gicht eine sehr große Oeffnung gegeben, um eine ebenmäßige Vertheilung der Hitze zu begünstigen; da aber diese Oeffnung eine ansehnliche Abkühlung durch Zutritt der äußern Luft veranlaßt, bedeckt man sie mit platten Steinen und verstreicht deren Fugen mit fetter Erde; zuweilen begnügt man sich mit einer Schicht feuchten Thones oder Rasen. In diesem oder jenem Falle aber bringt man in der Bedeckung Zuglöcher an und bedient sich

*) Das Totalgewicht ist an 32500 Pfund, den Cubikmeter Kalk zu 1750 Pfund angenommen; dieses beträgt 18 Cubikmeter Kalk; der Holzverbrauch 250 Stères auf 100 Cubikmeter Kalk oder 2,5 Stères auf 1 Cubikmeter.

**) 3 Stères 33 Centièmes auf den Cubikmeter.

Digitized by Google

ihrer zugleich zur Regulirung der Hitze, die man dadurch dahin weiset, wo sie von Nöthen ist.

Der Ofen Fig. 9, der bei Nemour im Betrieb ist, hat die Gestalt eines an beiden Enden abgestumpften Ellipsoids. Jeder Cubikmeter Kalk erfordert 150 Wellen oder 2 bis $2\frac{1}{2}$ Stères weiches Holz, und entsteht aus 1 Cubikmeter + $\frac{1}{10}$ Brocken Kalkstein.*)

Das Vorstehende bestätigt den obigen Ausspruch, daß die zum Besatze eines Ofens verwendete Quantität an Brennmaterial stets, mit Berücksichtigung der Größe des Ofens und der Härte der Kalksteine, sich in Grenzen bewege, die ungemein auseinander liegen; da aber diese großen Differenzen nicht allein in den bemerkten Ursachen, sondern vorzüglich in der Construction der Oefen zu suchen sind, so gelangen wir zu dem Schlusse, daß die in Figur 2 und 9 angegebenen Formen zu den vorzüglichern gehören; das ist sonach diejenige Form, deren Gicht sehr klein ist, weil dadurch weniger Hitze verloren geht, und die Oeffnung leicht verstopft werden kann, wenn der Ofen auskühlen soll und man durch dieses Mittel von der im Innern concentrirten Wärme mehr Nutzen ziehen will. Doch meinen einige Schriftsteller, eben weil die kleinere Oeffnung wenig Contact der äußern Luft biete, daher die Abkühlung verzögere, so entstehe der Uebelstand, daß der Zug und die Hitze sich auf die Achse des Ofens werfe und dadurch der Calcination der an den Wänden lagernden Steine hinderlich sei. Sie ziehen daher vor, die Gicht nach den Figuren 3 bis 8 anzulegen. Dieser Einwurf scheint aber zu wenig begründet, denn jener Uebelstand

*) Vergleiche §. 41 und 44.

Digitized by Google

wird augenscheinlich schon durch die Art der Steinschichtung in dem Ofen gehoben.

Es bieten nemlich die Flächen der Steine der Flamme soviel Widerstand, daß sie gezwungen wird, sich nach allen Richtungen in die Zwischenräume zu drängen, bevor sie zur Gicht gelangt. Dagegen verschwindet dieser Nachtheil fast ganz, im Vergleiche derjenigen Nachtheile, welche durch eine entgegengesetzte Construction entstehen müssen. Schon ist der ansehnliche Verlust an Heizkraft sehr in Rechnung zu bringen, ungerechnet der Mühe, welche das Auffüllen und Abräumen der Erdschicht vor und nach dem Brennen verursacht.

Ueberdieß ist zu beachten, daß die Oefen, deren Gicht klein ist, viel mehr Höhe als Weite haben müssen, was die Strahlung der Hitze nach allen Theilen hin befördert.

§. 49. Von den Oefen zur Torffeuerung. Der Torf, der in mächtigen Lagern weit verbreitet ist, wird durch den billigen Preis ein sehr schätzenswerthes Heizmittel, namentlich auch bei'm Kalkbrennen. Selbst in den beschriebenen, zum Brennen am zweckmäßigsten eingerichteten Oefen kann man nicht weniger, als 1 Stère Holz auf 1 Cubikmeter gut gebrannten Kalk aus harten Steinen rechnen. Brennt man Reisigholz, so gehören schon $2\frac{1}{2}$ Stères auf 1 Cubikmeter Kalk. Dagegen braucht man nicht mehr als 1,95 Stères zur Erlangung des gleichen Resultates, selbst mit Berücksichtigung des größern Zeitbedarfs bei'm Calciniren der Steine durch Torf.

Dabei kostet der Torf erster Qualität nur die Hälfte des Holzes am Orte seiner Gewinnung. Ist er geringer, moosartig oder leicht, so bedarf es gegen 3 Stères auf 1 Cubikmeter Kalk; aber auch in diesem Falle bedient man sich dessen noch mit Vortheil,

Digitized by Google

indem der Preis von solchem Torfe sich in den meisten Gegenden selten über $\frac{1}{3}$ des Holzpreises erhebt. Wenn indeß ein Kalkofen so weit von Torfgräbereien abliegt, daß, die Transportkosten zugerechnet, der Preis dem des Holzes nahe käme, so fiel der Vortheil offenbar weg*). Beiläufig möge man beachten, daß selbst in England, wo man allgemein nur Steinkohle brennt, in einigen Gegenden die Verwendung des Torfs vorgezogen wird.

Unter den Oefen zum periodischen Brennen mit Torf gebührt denen von Deblinne und Donop, die sich seit mehrern Jahren mit Verbesserung dieser Art Oefen beschäftigt haben, der erste Rang. Sie haben die Gestalt und die verschiedenen Leistungen nach Verhältniß der Ersparung an Brennmaterial und an Aufwand bei der Beschickung festgestellt und dafür den von der Société d'Encouragement ausgesetzten Preis erhalten. Der Ofen ist Fig. 10 dargestellt. Der Durchschnitt ist durch die kleine Achse des Ofens und der Grundriß in der Ebene des Rostes gelegt. Es ist eine Umwälzungsfigur mit kreisförmiger Base und Seiten; für den Grund- und Aufriß gilt dieselbe Buchstabenbezeichnung.

a Eine Nische in dem Vordertheil des Ofens, wo geheizt wird.

b Thürausschnitt, wodurch das Brennmaterial eingeführt wird.

c Rost, aus freiliegenden Stäben, die, in die Einschnitte eines kreisförmigen Rahmens eingefugt, auf einem Seitenfalze ruhen und durch einen in das Mauerwerk eingelassenen Querstab unterstützt werden.

---

*) Bei dem mit furchtbaren Schritten sich nähernden Holzmangel würde aber immer besser sein, Torf statt Holz zu brennen, so lange das Kostenverhältniß nicht zu weit auseinander geht.

Digitized by Google

Die Stäbe müssen in einer der Achse des Heizcanals gleichen Richtung liegen; es würde sonst, wenn sie nach der Quere gelegt würden, die Gabel oder Schaufel zum Nachschüren oft anstoßen und den Torf zerbröckeln.

Ein dergleichen Rost ist auch den Heerden von Ziegelsteinen mit Aschenlücken vorzuziehen, weil diese bald zerfallen, der Luft nicht gleichförmig Zutritt gestatten und die Asche schwer durchfallen lassen.

F g und g h sind Radien der Curve von den Wänden über den geraden Fußenden.

k, die Gichtöffnung des Ofens, durch welche die Steine eingetragen werden, und aus welchen der Rauch und die Gase bei'm Brennen entweichen.

l l innere Ziegelbekleidung des Schachtes, die von Zeit zu Zeit auszubessern oder neu herzustellen ist, wenn sie ausbrennt.

Dimensionen des Ofens.

Höhe der Gicht	0,488	Meter
Höhe von dem Rost über dem Aschenfall	0,813	„
Höhe von dem Rost zu der obern Mündung	4,357	„
Höhe des ganzen Ofens	5,658	„
Länge der Bogenpfeiler	0,975	„
Durchmesser der größten Weite . . .	2,356	„
Durchmesser des Rostes oder Heerdes .	1,500	„
Durchmesser der Gicht	0,813	„
Radius g h der Curve	3,575	„

Die mit diesem Ofen zu Essone (Departement Seine und Oise) gemachten Versuche gaben folgende Resultate:

Die zum Garbrennen gebrauchte Zeit war 18, 20, 28, 36, 30, 28 und 26 Stunden.

Die Quantität des gebrannten Kalkes betrug 60, 64, 64, 60, 60, 61, 64 und 60 Cubikmeter und

Digitized by Google

die des verbrauchten Torfs, zuerst jede Sorte einzeln, dann gemischt, 101, 100, 106, 110, 115, 130, 171, 121 Karren.

Daraus folgt, daß der Brennstoff von erster Qualität das günstigere Resultat in zweifacher Beziehung, der Zeit und der verwendeten Feuerung, gegeben hat; daß ferner die Verwendung des Torfs von dritter Qualität weniger vortheilhaft war, weil er mehr Zeit zur Calcination bedingt; daß der Torf zweiter Qualität ziemlich im Resultat mit dem erster Qualität gleich kam; daß endlich die Mischung der Torfarten ein Resultat hervorbrachte, welches wenig von der Mittelzahl der acht Versuche unterschieden ist.

Zu Reims (Departement de la Marne) braucht man 11 Cubikmeter (sehr porösen) Torf, um dieselbe Menge (1 Cubikmeter) Kalk zu brennen; zu Fontaine bei Saint-Loup (Haute-Saône) 7 Cubikmeter; zu Champigny (Seine) brauchte man im Jahre 1808 4 Cubikmeter, ist jedoch durch einige Verbesserungen an dem Ofen dahin gelangt, mit 3 Cubikmeter brennen zu können, während man in dem Ofen der Hrn. Deblinne und Donop im Mittel nur 1,946 Cubikmeter auf 1 Cubikmeter Kalkgewinn aus harten Steinen rechnet.*)

Dieser Ofen gewährt demnach die meisten Vortheile und muß allen andern vorgezogen werden; wir enthalten uns daher auch der Beschreibung des Baues jener Oefen, wovon oben die Resultate mitgetheilt worden sind. Er gleicht übrigens mit wenigen Abänderungen denen, die man in Preußen für die besten dieser Art hält, wo jedoch mit Braunkohle geheizt wird. Dabei wird man Aehnlichkeit der innern Form mit den Oefen finden, welche bei metallurgischen

*) Vergleiche §. 41 und 44.

Digitized by Google

Operationen gebraucht werden, wenn namentlich ein scharfes Feuer verlangt wird, was ebenfalls für die Vorzüge dieser Construction spricht. Aehnlich gebaute Oefen sind um Braunschweig üblich.

Bei großen Anlagen würde man mehre gleiche Oefen aneinander stellen und mit Erde umgeben können, wie man in Lothringen mit den dort üblichen Oefen verfährt. Diese Anordnung giebt offenbaren Gewinn an Brennmaterial, weil es dem Wärmeverlust entgegenwirkt, und dabei die Arbeit des Füllens, die bei den einzelnen Oefen nur durch Handarbeit oder durch einen an der obern Oeffnung aufgestellten Haspel mit Körben geschehen könnte, sehr erleichtert.

§. 50. Von den mit Stein- oder Holzkohle zu heizenden Oefen. Die Form dieser Oefen braucht auf keine Weise von den zu Torfbrand eingerichteten abzuweichen.

In England, wo meistens Steinkohle gefeuert wird, wendet man Oefen an, wie Fig. 11 zeigt, deren Erfinder Lord Stanhope ist. Sie werden von Ziegel aufgeführt und gegen eine Abdachung gestellt, die deren Beschickung erleichtert. Sie gleichen der Form nach dem gewöhnlichen vierseitigen Ofen der Töpfer, sind aber viel kleiner und haben nur 1,299 Meter (4 Fuß) Seitenlänge. Die Sohle, die den Rost bildet, ist mit conischen Oeffnungen, in Gestalt umgestürzter Trichter, versehen und liegt über dem Aschenfalle, der mindestens 1 Meter hoch ist. Ueber diesem Roste wölbt man mit Kalksteinen, auf die man, wie bei den gewöhnlichen Oefen, andere schichtet; jedoch ist in der Art, wie das Brennmaterial geordnet wird und in der Leitung ein Unterschied.

Digitized by Google

Der Brennstoff ist ein Gemenge von sehr zerkleinten Steinkohlen und dem, was man „Cinders" nennt*) und wird stark mit Wasser angefeuchtet.

Dieses Brennmaterial wird in kleinen, länglichen Abstichen auf das ganze Vordertheil des Bodens oder den Rost des Ofens gestellt und zwar durch eine Oeffnung, welche die ganze Breite einnimmt, jedoch nur gegen 81 Millimeter (3 Zoll) hoch ist. Das gegen diese Oeffnung aufgesetzte Heizmaterial verschließt sie, bis zu dem Zeitpuncte, wo es in Brand geräth und ausbrennt; dann setzt man die Heizöffnung von Neuem mit Steinkohle zu.

Durch diese Anordnung wird erlangt, daß der Zug theils durch die Zwischenräume des Brennmaterials, vorzüglich aber mit durch die Oeffnungen des Rostes, geht. Sobald man spürt, daß eine oder die andere der letztern verstopft ist, reinigt man sie mit einer kleinen hakenförmigen Rührstange. Dadurch geschieht die Verbrennung vollkommen gleichmäßig und die ganze entwickelte Wärme wird den Steinen zugewandt.

Die anfängliche Feuchtigkeit des Brennstoffs trägt wesentlich zur Calcination bei, und der Theil Luft, der durch die angenäßte Kohle zieht, tritt von Feuchtigkeit gesättigt in den Heerd.

In dem hier beschriebenen Ofen calciniren 18 Maß Steinkohle oder Kohlenklein mit 10 Maß Cinders oder Lösche gemengt, ganz bequem 112 Maß Kalksteine.

---

*) Es sind dieses Fragmente von Steinkohle, die halb verkohlt sind und aus dem Aschenloche gesammelt werden.

Dritter Abschnitt.

Von der periodischen Calcinirung durch lagenweises Eintragen oder mit kleiner Flamme.

§. 51. Bei dieser Art zu brennen, trägt man den Brennstoff und die Kalksteine in horizontalen Lagen oder Schichten wechselnd ein, deren Dicke sich nach ihrem Abstande von dem Feuerroste und nach der Dichte des Steines richtet, der zu Kalk gebrannt werden soll.

Je dichter der Stein ist, desto mehr Dicke müssen die Lagen des Brennstoffs erhalten, und diese Dicke muß abnehmen, je höher die Lage von dem Roste absteht. Das umgekehrte Verhältniß findet bei den Steinlagen statt: die größern Steine müssen nemlich in der Höhe des Ofens zu liegen kommen, aus dem Grunde, weil das Feuer zuerst von unten auf entzündet wird, nach und nach die höhern Lagen ergreift, daher auf diese längere Zeit einwirkt, als auf die untern.

Die Dicke der Schichten kann von 16 zu 73 Centimeter (6 bis 27 Zoll) steigen.

Der Torf, die Steinkohle und Holzkohle sind alle zu dieser Art zu brennen schickliche Brennstoffe.

Auch das Holz kann dazu verwendet werden; man macht aber selten davon Gebrauch, weil es sich nicht bequem mit den Steinen schichten läßt.

Um der Flamme freien Durchzug zu lassen, stellt man die Steine mit dem spitzern oder dünnen Ende nach unten, wobei man jedoch sorgen muß, daß die Fugen der Lagen mit Steinbrocken verzwickt werden, damit das Kohlenklein nicht nach unten falle. Die Mehrzahl der Kalkbrenner befolgen selten diese Vorsicht und begnügen sich oft, die Steine von der

Digitized by Google

Höhe des Ofens unregelmäßig einzuwerfen, wodurch nicht nur eine ungleiche Dicke der Schichten entsteht, sondern auch der Stein bei'm Fallen sich ungleich einsetzt, was eine Ungleichheit der Gare nach sich zieht.

Das Einsetzen der Steine geschieht von oben, das Ausziehen des Kalkes, nach völliger Gare des Einsatzes, von unten.

Bei jeder Art von Brennmaterial wird das Feuer auf einem festliegenden Roste aus beweglichen Eisenbarren angemacht. Man legt nemlich vor Beginn der Füllung auf den Rost Reisigbündel oder Späne zum Anzünden und darauf die abwechselnden Schichten von Brennstoff und Kalksteinen, zündet aber schon nach Legung der dritten Schicht an, weil es sehr verdrießlich ist, den ganzen Ofen räumen zu müssen, wenn das Feuer nicht gut brennen oder wohl gar verlöschen sollte. Das Anzünden geschieht durch ein Bund Stroh, das man unter den Rost schiebt. Sobald das Feuer zusammenbrennt, was man vorzüglich an dem Rauche gewahr wird, der durch die Gicht aufsteigt, verschließt man die vordere Oeffnung, damit die Verbrennung nicht zu schnell die obern Lagen ergreife; dann setzt man die Füllung des Ofens schichtweise bis oben fort.

Wenn das Feuer die Höhe des Ofens erreicht hat, ist die Mündung gegen Winde durch Schirmwände zu verwahren, die man aus Bretern auf einige Fuß Höhe über dem Niveau aufbaut, je nach dem Drehen des Windes verändert und bei'm Wiederfüllen des Ofens abbricht.

Die zu einem Brande nöthige mittlere Zeit ist 3 bis 4 Tage; die Asche wird mit dem Kalke zugleich gezogen, es muß aber der letztere sofort sorgfäl-

Digitized by Google

tig von der Asche geschieden werden. Endlich trennt man noch die schlecht calcinirten Stücke von dem garen Kalke.

Vierter Abschnitt.

Von den zum periodischen Brennen mit abwechselnden Schichten oder mit kleiner Flamme geeigneten Oefen.

§. 52. Gewöhnlich haben die Oefen die Form eines Kreiscylinders, eines gekürzten verkehrten Kegels, einer dergleichen Pyramide oder eines geraden rechtwinkligen Prismas. Es giebt zwar noch dergleichen von anderer Form, dann sind sie aber nicht oder selten gemauert, sie gehören zu den Feldöfen. So wird z. B. ein solcher an den Ufern der Sambre gebraucht. Er läßt sich ohne große Kosten aufführen und findet Anwendung, wo es sich nicht um fortgesetzten Betrieb handelt, besonders aber, wo man nur einer gewissen geringen Quantität Kalks bedarf. Mit Vorbehalt, daß man ihn noch nach kleinern Dimensionen, als den nachbeschriebenen, anlegen könne, theilen wir hier die Construction mit.

Hat man auf einem ebenen Raume (Fig. 21, Taf. 2) einen Kreis von 2,92 Meter (9 Fuß) Halbmesser abgesteckt, so gräbt man inmitten dieses Raumes auf 97 Centimeter bis 1,08 Meter (36 bis 40 Zoll) Tiefe eine cylindrische Grube von 65 Centimeter (2 Fuß) Durchmesser. Von dem Grunde dieser Grube sticht man die Erde schräg nach der abgesteckten Kreislinie zu ab, so daß die Ausgrabung einen abgekürzten umgekehrten Kegel bildet, dessen Grundfläche in der Ebene dieses Kreises liegt. Von der untern Grundfläche des Kegels führt man einen

Digitized by Google

Graben a d nach der äußern Peripherie, im Niveau der Grundfläche, den man nach d zu hinlänglich erweitert, um daselbst eine Thüröffnung mit platten Steinen aussetzen zu können. Diesem Graben giebt man an der Mitte 1 Fuß in's Gevierte, am andern Ende d gegen 48 Centimeter (18 Zoll) Weite.

Vor dem Graben bei d c gräbt man nach Außen zu noch ein Stück von 65 bis 97 Centimeter (2 bis 3 Fuß) in's Quadrat aus, um Zutritt zu der Vertiefung zu gewinnen, die zum Mundloche des Ofens dient. Wenn das Feuer vollkommen angebrannt ist, verschüttet man die Mündung dieses Heizlochs.

Nachdem der Heizcanal mit Steinen überdeckt oder überwölbt worden, beginnt man mit dem Besatze des Ofens, indem man innerhalb eine Schicht von Steinen mittlerer Größe auf der Bodenfläche legt, deren Spitzen nach unten gekehrt werden, damit sie kleine Zwischenräume bilden, die das Durchstreichen der Luft und das Anfügen der Steinkohle gestatten. Hierauf wirft man einige Körbe Steinbrocken, welche die Fugen der ersten Lage verdecken und das Durchfallen der Kleinkohle verhindern. Die Mitte dieses Steinbettes wird mit Kohle in kleinen Stücken, dann mit Kohlenstaub, im Ganzen gegen 16 Centimeter (6 Zoll) Dicke und 1,95 Meter (6 Fuß) im Durchmesser beschüttet. Auf diese bildet man eine zweite Schicht von gleichem Durchmesser mit kleinen Steinen im geschlossenen Verbande und hoch gestellt, jedoch etwas geneigt und aus der Mitte des Ofens nach dem Umfange radial geordnet. Diese Schicht beschüttet man mit Steinkohlen wie die erste, deren Ränder darauf stoßen, und verbreitet sie noch 3 Fuß (97 Centimeter) weiter ringsherum.

Nachdem man abermals eine Steinlage gesetzt und ausgezwickt hat, bringt man eine dritte Kohlen-

Digitized by Google

schicht von 34 bis 41 Millimeter (15 bis 18 Zoll) Dicke darauf, welche die ganze Fläche des Ofens bedeckt und in o, u und i mit der ersten und zweiten Lage communicirt. Endlich ordnet man eine folgende Stein- und Kohlenschicht, wie die beschriebenen und so fort, giebt ihnen aber in der Mitte stets etwas mehr Höhe, als an den Außenwänden, um dadurch eine Art von Wölbung zu bilden, der letzten wölbartigen Schicht eine Art Widerlager zu reserviren und überhaupt dem ganzen Aufbau mehr Stabilität zu geben.

Da aber die Wirkung und Lebhaftigkeit des Feuers bedeutend zunimmt, wenn die ganzen Kohlenlagen nach und nach von unten auf entzündet sind, so macht man die sechs oder sieben niederen Schichten der Kalksteine nur gegen 10 Centimetrr (4 Zoll) dick und vergrößert diese Dicke allmählig mehr und mehr, je weiter man in die Höhe kommt, wo man ihnen endlich 27 bis 32 Centimeter (10 bis 12 Zoll) giebt, ohne jedoch die Dicke der Kohlenlagen zu verstärken; finden sich zu diesem Maße keine so großen Steine, so legt man platte Steine zur Ergänzung der Dicke darüber. Man sorgt dafür, daß die Steine jeder Lage etwas geneigt gestellt werden, und zwar in entgegengesetzter Richtung der zunächst niedern Lage, um ihr Zusammenschieben während des Brandes zu verhüten.

Der Ofen erhebt sich im Ganzen mit 19 bis 20 Steinschichten und bis 4,54 Meter (14 Fuß) Höhe über die Erde, wobei die Durchmesser der Schichten allmählig abnehmen, so daß der obere Theil einem Kugelabschnitte gleich wird. Dadurch erhält der ganze vollendete Meiler, so weit er über der Erde steht, die Gestalt eines Paraboloids erster Ordnung.

Digitized by Google

Sobald der Aufbau so weit fertig ist, bekleidet man ihn äußerlich mit einer 54 Millimeter (2 Zoll) dicken Lage von feuchter Lehmerde und umbaut den ganzen Umfang mit den größten ausgesuchten Steinen zu 1,30 und 1,62 Meter (4 bis 5 Fuß) Dicke, um das Einstürzen zu verhindern, welches durch das Feuer veranlaßt werden könnte. Es ist besonders nöthig, das Ganze mit einem Graben r und Wasserabzuge zu umgeben und an der Windseite Strohmatten aufzustellen, so lange der Ofen im Brande ist. Das Anfeuern geschieht durch einiges kleines Holz und Reisigbündel von dem Feuerraume a d aus.

Dieser Ofen faßt 1735 Cubikfuß Steine und liefert 1163 Cubikfuß Kalk und 66 Cubikfuß Asche. Er verbraucht 316 Cubikfuß Kohlenklein; sein Aufbau erfordert acht Arbeiter auf acht Tage oder 32 Arbeitstage, und von dem Augenblicke seines Anfeuerns, bis wo man den Kalk ziehen kann, muß man fünf bis sechs Tage verstreichen lassen.

Zwischen Mons und Brüssel sind die Oefen cylindrisch; man giebt gewöhnlich den Kohlenschichten 21 Centimeter (8 Zoll), den Steinlagen 43 Centimeter (16 Zoll) Dicke und brennt gegen 50 Maß Kohlen auf 100 Maß Kalk.

Um Mézières und Sedan sind die Oefen ebenfalls cylindrisch (Fig. 23, Tafel II.); sie halten 6,34 Meter (189 Cubikfuß) Steine und 4,11 Meter (120 Cubikfuß) Holzkohlen. Man giebt der ersten Lage Kohlen gemeiniglich 46 Centimeter (17 Zoll), der letzten nur 35 Centimeter (13 Zoll) Dicke. Die erste Steinlage erhält 16 Zoll, die folgenden 20, 24, 26, 27 Zoll.

Wenn das Feuer angezündet ist, vermauert man die Mündung, läßt jedoch eine kleine Oeffnung zum Zutritt der nöthigen atmosphärischen Luft. Der Koh-

Digitized by Google

lenverbrauch ist 63 Maß auf 100 Maß gebrannten Kalks.

Zu Utrecht (Holland) findet man Oefen zum Brennen von Austerschalen. Sie sind cylindrischer Form und werden abwechselnd mit Torf und Schalen in horizontalen Schichten gefüllt, wie man mit den Kalksteinen verfährt. Da die Austerschalen wenig Zwischenräume lassen, so muß diese Art Oefen zahlreiche Zuglöcher erhalten, weil sonst das Feuer bald erstickten würde. Der Figur 14 abgebildete hat zehn vergitterte Zuglöcher von Mauerwerk, die verstopft oder geöffnet werden, je nach derjenigen Richtung des Luftzugs, den man für passend findet.

Bei Holzfeuerung müssen die Oefen quadratförmig sein, wie in Fig. 18, Taf. II., damit man den Scheiten nur eine und dieselbe Länge zu geben braucht, was die Arbeit des Holzsägens vereinfacht. Indessen, wenn man Gebrauch von kleinem Astholz macht, sind conische und cylindrische Formen gleich geschickt dazu.

Das hier beschriebene Brennverfahren bietet wohl einigen Vortheil in Bezug auf Brennstoffersparniß, weil das Feuer mehr unmittelbar wirkt, aber es erfordert nach dessen Beendigung eine sehr mühvolle Handarbeit in dem Sortiren der gebrannten Steine, und es giebt gewöhnlich einen ungleich guten und ungleich gebrannten Kalk, weil die Berührung zwischen dem Brennstoff und den Steinen zuweilen nachtheilig auf seine Eigenschaft wirkt und weil viel Biscuit unterläuft, besonders wenn Erdkohle gebrannt wird. Auch zieht man zur Vermeidung dieses Nachtheils in England den Brand mit Torf vor, wenn sich in der Nähe gute Torfgräbereien vorfinden.

Digitized by Google

Neuntes Capitel.

Von der ununterbrochenen Calcination.

Erster Abschnitt.

Von der Calcination in ununterbrochenem Gange mit kleiner Flamme.

§. 53. Bei dieser Methode wird der Kalkstein mit dem Brennstoff zusammen in demselben Raume geschichtet, wo durch die unmittelbare Berührung nur eine kleine Flamme entstehen kann.

Am meisten wendet man hierbei Steinkohle an, kann aber auch Holz, Torf oder Holzkohle brennen, wiewohl diese weniger zusagen. In England sind Koks gebräuchlicher, weil dies Material mehr Hitze erzeugt und frei von bituminösen Theilen ist, die mehrentheils auf die Güte des Kalks nachtheilig wirken.

Die Oefen (Stichöfen) werden zur ganzen Höhe abwechselnd mit horizontalen Schichten von Brennstoff und Steinen gefüllt, welches Brennmaterial man auch wählen mag.

Die Füllung geschieht von der Höhe des Ofens aus; nach Maßgabe des Verzehrens des Brennstoffs erfolgt ein Nachsinken der Masse, und wie man den Kalk unten auszieht, füllt man oben wieder neue Lagen von Brennstoff und Steinen nach, wodurch ein ununterbrochener Calcinirungsproceß entsteht, der den Ofen nie zum Abkühlen kommen läßt.

Digitized by Google

Das Verhältniß der Lagenstärken hängt von der Natur des Heizmaterials, von der Größe und besonders der Härte der Kalksteine ab. Im Allgemeinen kann das Verhältniß auf vier Theile Steine zu einem Theil Brennstoff angenommen werden. Die Steine nimmt man gewöhnlich in Faustgröße und zwar der ganzen Ausdehnung des Ofens nach. Was ihre Lagerung in Bezug auf das Durchspielen der Flamme betrifft, so gilt, was bei dem periodischen Brennen mit kleiner Flamme bemerkt worden ist.

Wenn man Steinkohlen brennt, so müssen die Lagen derselben gegen die Achse des Ofens mehr Dicke erhalten, als gegen die Wände hin. Das Verhältniß setzt man gewöhnlich wie 4 : 3.

Zum Füllen eines Ofens dieser Art braucht man, in der Regel, acht bis zehn Tagelöhne und eine Stunde Zeit, um 2,46 Cubikmeter (72 Cubikfuß) aufzuschütten.

Die Leitung des Feuers bedarf nicht geringerer Sorgfalt, als bei dem periodischen Brennen vorgeschrieben wurde. Das Anzünden, die Direction des Feuers hinsichtlich seiner Intensität, das Beschützen der obern Oeffnung gegen Windzug, in der Zeit, wo das Feuer die oberen Schichten erreicht, ist dasselbe, wie bei dem periodischen Brennen mit kleiner Flamme.

Da die Oefen zu ununterbrochener Calcination gewöhnlich mehrere Heizlöcher haben, so muß man bei'm Anzünden dasjenige Mundloch wählen, auf welches die Richtung des Windes stößt: nur gegen sehr heftige Winde sucht man sich zu verwahren.

Bei gut eingerichteten Oefen verschließt man die Oeffnungen mit Blechthüren oder Registern, indeß man bei weniger sorgfältiger Einrichtung zu diesem Zwecke Rasen anwendet, in den man Oeffnungen sticht, um eine gleichmäßige Austheilung des Zugs zu bewirken, damit die Verbrennung in einer Schicht

Digitized by Google

ebenmäßig geschehe. Das letztere Mittel ist jedoch verwerflich, weil es zu große Gebundenheit für den Brenner mit sich führt.

Es langt nicht immer aus, die Gleichheit des Feuers in allen Schichten des Ofens durch den Luftzug zu reguliren, der durch den Aschenfall eindringt; es finden sich in den Steinmassen, besonders gegen die Ofenwände, Stellen, wohin das Feuer nicht, wie anderswo, dringt, was besonders daher kommt, daß die Steine bei'm Ausschütten der Körbe sich an einigen Stellen mehr zusammensetzen und weniger Kohlen zur Unterlage haben. Dergleichen Stellen zeigen sich an der Oberfläche des Ofens durch die Farbe der Steine an, die weniger schwitzen, als die, wo das Feuer am meisten wirkt, und müssen etwas Lüftung erhalten, damit das Feuer mehr dahin dringe. Zu diesem Zwecke sticht der Brenner die Schürstange mitten durch die Steine in der ganzen Länge ein, zieht sie heraus und wiederholt diese Operation mehrmals in demselben Loche, um einen kleinen Canal zu bilden; dergleichen Canäle bildet er an dieser Stelle mehrere, soviel ihm nöthig däucht. Mehr bedarf es nicht, um dem Feuer eine gleichförmige Ausbreitung nach solchen Stellen anzuweisen, und nur selten wird es anderen Orten als zunächst der Wände nöthig *).

Man erkennt die Gare der unteren Steinlagen an einer großen Abnahme des Rauchs, die gewöhnlich eintritt, wenn das Feuer drei Viertel der Ofenhöhe erreicht hat, zieht sodann den ganzen garen Kalk (beinahe zwei Drittel der Füllungshöhe), oder bis zu dem Puncte, wo man unter dem Kalke noch brennende Stücke des Heizmaterials spürt und füllt, wie oben beschrieben, nach. Es bedarf wenigstens

*) Dieses Manöver findet in gleichen Fällen auch bei'm periodischen Brennen mit kleiner Flamme Statt.

drei bis vier Tage, bevor das Feuer die oberen Lagen erreicht und zwar, je nachdem der Ofen groß und der Wind mehr oder weniger günstig ist.

Der Kalk ist mit Vorsicht zu ziehen, weil ein jählinges Nachstürzen die Steinlagen in Unordnung bringen und den Nachfall der oberen Kohlen, die noch nicht völlig in Flamme stehen, in deren Zwischenräume veranlassen könnte, wodurch Stellen in den Steinschichten von Kohlen entblößt werden, andere ein Uebermaß von Brennstoff erhalten würden.

Uebrigens ist dieser Uebelstand selten zu vermeiden, kann aber doch mehr oder weniger unschädlich gemacht werden.

Die Kalköfen mit unausgesetztem Gange können einen beweglichen Rost (grillage volant), wie in der Küstengegend Flanderns, oder einen festen Rost (grillage dormant) haben. Der Kalkbrenner ist in dem ersten Falle genöthigt, bei'm Kalkziehen die losen Barren, die den Rost bilden, herauszunehmen, wo der Kalk dann in den Aschenraum nachfällt und herausgezogen wird. Wenn er in dem Ofen nachhält, so stößt man ihn mit der Rührstange los.

Auf diese Art wird der Kalk aus allen Mundlöchern nacheinander gezogen. Die Arbeiter behaupten, daß sich nur eine Seite des Ofens leere, wenn der Kalk aus einem Mundloche allein genommen würde, und daß sich dann die Steine im Schacht nicht gleichmäßig setzen. Obgleich es vortheilhafter ist, den Kalk aus mehreren Mundlöchern zu ziehen, so ist doch nur dann ein Nachtheil von dem Ziehen aus einer Oeffnung allein zu befürchten, wenn der Ofen einen großen Durchmesser hat. Ist der Durchmesser an der Basis nur 48 bis 65 Centimeter (18 bis 24 Zoll), so kann man unbesorgt den Kalk aus einem Mundloche allein ziehen.

Digitized by Google

Da im obern Theile des Ofens eine Senkung entsteht, wenn der Kalk unten herausgenommen wird, so muß man, wenn er ungleich nachsinkt, zuerst eine Schicht Kohlen auffüllen und diese, wie folgt, regeln: der Brenner stößt seine Schürstange einige Fuß tief längs der Ofenwand ein und bedient sich derselben als Hebel, um mittelst des Randes des Ofens, als Drehpunct, die Steine zu heben und nach der Mitte des Ofens zu drängen oder fortzutreiben, damit die Vertiefungen ausgeglichen werden. Diese Procedur wird rings um den Ofen fortgesetzt, und nöthigenfalls werden auch mit einer Schaufel die Steine vom Rande nach der Achse hin geworfen, um die flachrunde Fläche wieder herzustellen. Hierauf werden die Kohlenschichten und die neuen Steinlagen aufgebracht, bis der Ofen wieder voll ist. Diese Operation wiederholt sich nach jedesmaligem Kalkziehen.

In den gewöhnlichen Anlagen arbeitet man an Sonn- und Festtagen nicht. Der Kalk wird alle Tage früh und Abends gezogen. Ist der Ofen wieder voll gemacht, so überläßt man ihn sich selbst. Muß man einen Tag verstreichen lassen, ohne Kalk zu ziehen, dann müssen Vorkehrungen getroffen werden, die die Heftigkeit des Feuers hindern und bewirken, daß es nicht gleich schnell zur Gicht aufsteige, wie gewöhnlich. Zu diesem Zwecke wirft man auf die Mitte der Oberfläche eine 8 bis 10 Centimeter (3 bis 4 Zoll) dicke Schicht Kohlen, gegen 65 Centimeter (2 Fuß) im Durchmesser, die der Brenner mit den Füßen festtritt, bringt wohl auch noch auf diese angenäßte Lage eine Lage ganz kleiner Steinbrocken und verschließt alle Mundlöcher des Ofens.

Obgleich die Verbrennung nicht gestört wird, wenn die beweglichen Roststäbe herausgenommen worden, so ist es doch nöthig, alle acht oder vierzehn Tage den Rost wieder herzustellen, um den Aschen-

Digitized by Google

fall zu reinigen und dem Feuer neue Lebhaftigkeit ertheilen zu können. Der Brenner treibt die Eisenbarren mit Hammerschlägen gegen den Kalk in einem der Mundlöcher, bis sie gehörig ihr Lager einnehmen. Ist das Aschenloch geleert und das Feuer wieder lebhaft, dann werden die Barren herausgenommen und der Ofen geht seinen regelmäßigen Gang fort.

Da der Aschenraum sich von Zeit zu Zeit durch die angesammelten Kohlenschlacken verstopft, was besonders in den Zwischenräumen der Mundlöcher Statt findet, wodurch der Abfall des Kalks gehindert wird, so müssen diese sorgfältig herausgeschafft und beseitigt werden. Sie sind mit vielen kleinen Kalkstücken untermengt und eignen sich zu einem vortrefflichen Mörtel, der unter dem Namen Cendrée bekannt ist. Um sie von dem Kalke zu scheiden, bedient man sich bei größeren Oefen einer Art Schaufeln, die in Fingerstärke durchlöchert sind; die Cendrée fällt durch und wird bei dem Einschippen des Kalks in Körbe auf einer besondern Tenne aufgesammelt. Diese Cendrée ist sehr gesucht zu Bauen an feuchten Oertern; in einigen Oefen beträgt sie einen Theil auf zwei Theile Kalk *). Die Cendrée der mit Holz geheizten Oefen ist weniger geschätzt und giebt einen weniger festen Mörtel.

Das Meiste des hier in Bezug auf Steinkohlenfeuerung Erwähnten kann auch auf anderes Brennmaterial bezogen werden. Endlich kann man noch allmählig, wie der Kalk gezogen wird, die Steine mit aufgeben, die bei vorigen Bränden nicht durchgebrannt sind.

*) Deren Preis ist um die Hälfte geringer, als der des Kalks.

Zweiter Abschnitt.

Von den fortgehenden Oefen mit kleiner Flamme.

§. 54. Die Oefen (Figur 15, 17, 18, 22 und 24), denen man im Französischen den Namen fours coulants giebt, sind fast stets auf dieselbe Weise angelegt, wie die im vorigen Capitel beschriebenen, und richten sich hinsichtlich der Form nach der Art des anzuwendenden Brennstoffs.

Einige sind auf ebenen Boden gebaut, andere, doch in seltenen Fällen, in die Erde versenkt. Man giebt ihnen im Allgemeinen viel Weite in der Gicht, um dadurch das Füllen zu erleichtern. Daher ist die Hitze an dieser Stelle sehr groß und eine große Menge geht verloren. Dieser Verlust wird jedoch durch den Vortheil gedeckt, den die engere Berührung der Kalksteine mit dem Brennstoff gewährt, der ihnen die volle Hitze unmittelbar mittheilt.

§. 55. Von dergleichen Oefen zur Steinkohlenfeuerung. Diese Oefen sind von ungemein verschiedener Form. Sie lassen sich in vier Classen theilen:

1) von der Form eines gekürzten umgekehrten Kegels;
2) in Kelch- oder ellipsoider Form, die im obern Theile mehr oder weniger gestutzt ist;
3) in hohle halbe Sphäroide und
4) in Doppelkegel, die mit der größern Grundfläche sich berühren.

Die beiden ersten Formen sind die üblichsten fast in allen Ländern. Unter den verschiedenen Arten von Oefen berühren wir nur die, denen der Vorzug gebührt, weil theils die anderen nur wenig abwei-

Digitized by Google

chen, oder mehr local sind, theils auch der Raum dieser Schrift zugemessen ist.

In mehreren Gegenden, um Paris, in Belgien, Lüttich, Deutschland, England, bedient man sich fortgehender Oefen, die Figur 15 gleichen. Sie bilden einen abgeschnittenen umgekehrten Kegel, in dessen Untersatz man Züge c, c, mit Register oder Blechthür versehen, anbringt.

Der Zweck dieser Züge ist, der Feuerung die nöthige Luft zuzuführen, wenn der Rost herausgenommen ist.

Eine ähnliche Construction hat der Ofen von Luemschwiller (bei Mühlhausen), Fig. 71, Taf. VI. Er ist 4,5 Meter (14 Fuß 4 Zoll) hoch, oben 4,21 Meter (13½ Fuß), unten 1,26 Meter (4 Fuß) im Durchmesser weit und in einem Abstande von 0,62 Meter (2 Fuß) über der Sohle mit einem Roste versehen. Er faßt 400 Centner Kalk, wovon täglich ein Drittel gar wird. Die garen Steine werden gezogen, indem man die Roststäbe auseinanderrückt, um sie durchfallen zu lassen.

Eine einzelne Gicht braucht vier Tage Zeit, um bis zu dem Roste zu gelangen und besteht aus Kalkstücken von ungefähr 966 Cubikcentimetern (54 Cubikzoll). Der Kohlenverbrauch ist ein Viertel von dem der Kalksteine.

Ein Ofen dieser Art (Figur 16) zu Valenciennes ist nach dem von Tournai construirt und wird durch den Kalkstein besetzt, der dort die Kohlenlager bedeckt, welche zugleich den Brennstoff liefern. Er ist in großen Dimensionen, kann in 24 Stunden 100 Hectoliter Kalk geben und braucht 20 bis 24 Hectoliter Kohlen. In Beziehung auf Oeconomie können keine günstigern Umstände obwalten, denn sie verwerthen die Erdkohlen in Bezug der Heizkraft höher, als alle andere Brennstoffe. Diese Oefen finden sich

Digitized by Google

in mehreren Gegenden Frankreichs und Englands wieder.

Endlich ist die Figur 17 aus zwei mit der Grundfläche zusammenstoßenden Kegeln gebildet. In einigen Gegenden umgiebt man den Ofen mit einer gewölbten kreisrunden Gallerie, die theils zum Magazin, theils zum Schutz gegen Winde dient. Die nach diesem Modell construirten Oefen geben in nachbenannten Orten folgende Resultate:

Zu Namur verbrennt man auf 100 Cubikmeter garen Kalk	18	Cubikmeter Kohle,
Zu Grenoble	20	" "
Zu Metz	20	" "
Zu Anniche	24	" "
Zu Valenciennes für weiche Steine	20 bis 25	"
Daselbst für harte . . .	30 bis 33	"
Zu la Gare bei Paris . .	27 bis 28 *)	"
Zu Tournai	27 bis 28	"
An den Ufern der Ems . .	30 bis 36	"
Zu Litry	36 bis 37	"
Zu St. Etienne	40	"

Aber diese Verhältnißzahlen sind, wie bereits bemerkt, sehr veränderlich; sie hängen ebenso von der Natur des Brennstoffs und der Steine, wie von den verschiedenen Gestalten der Oefen, von der Sorgfalt bei dem Eintragen der Steine und der Leitung des Feuers ab.

§. 56. Von den Oefen zur Holzheizung. Man giebt dieser Art Oefen, wie oben erwähnt, gewöhnlich eine quadratische Form, um sie

*) Der Ofen, den man dort benutzt, ist ziemlich der Figur 22, Tafel II.; die Kalksteine werden aus Melun bezogen, und der Brennstoff ist trockne Kohle und Abfall aus den Glasöfen.

Digitized by Google

mit gespaltenen Holzscheiten oder Astholz besser feuern zu können.

Fig. 18 stellt einen zu Montreuil-sür-Mer gebräuchlichen dar. Es ist eine quadratische umgekehrte Pyramide, die ganz in die Erde versenkt ist. Das Holz wird in kreuzweisen Lagen übereinander gelegt. Die Schichten dieses Brennmaterials und die der Steine haben gleiche Dicke, gewöhnlich von 10 bis 13 Centimeter (4 bis 5 Zoll). Das Feuern in diesen Oefen geht viel schneller, als in den Oefen mit Steinkohlenheizung; man füllt von zwei zu zwei Stunden nach, und das Material erneuert sich ungefähr in 24 Stunden. Man rechnet 1 Stère Brennstoff auf 1 Cubikmeter Kalk.

Der Ofen Figur 19, von Raucourt angegeben, der eine große Menge Versuche über Kalkfabrication gemacht hat, hat viel weniger geneigte Wände, als der in Figur 18, dessen Höhe ist 2,60 Meter (8 Fuß); die Gicht hat 1,95 Meter (6 Fuß) Oeffnung und die der Grundfläche nur 65 Centimeter (2 Fuß). Man füllt ihn, indem man unter jede Steinschicht zwei Lagen Astholz kreuzweis legt. Er kann täglich 2,22 bis 2,59 Cubikmeter (60 bis 70 Cubikfuß) Kalk geben und bedarf nur eines Arbeiters zur Aufsicht.

Die Oefen Figur 18 und 19 können auch zur Feuerung mit Holzkohlen benutzt werden, wobei weder in der Anlage, noch in dem Betriebe eine Veränderung Statt zu finden braucht.

§. 57. Von den Oefen zur Torfheizung. Man benutzt den Ofen Figur 18 zu Montreuil und den Figur 19 in Rußland ohne Unterschied zu Holz und zu Torf, und giebt dem letztern Material die nämliche Lagendicke, wie dem Holz, nämlich 10 bis 13 Centimeter (4 bis 5 Zoll).

Digitized by Google

Zu Montreuil braucht man 100 Cubikmeter Torf, um dieselbe Quantität Kalk zu erhalten; doch muß bemerkt werden, daß der Stein ein sehr weicher ist. Deblinne und Donop haben durch Versuche gefunden, daß ein zu Essonne bestehender Ofen, der ziemlich die Gestalt wie Figur 15 hat, dergestalt unvortheilhafte Resultate geliefert hat, daß sie die Torffeuerung aufgeben mußten. Erstlich erhielten sie ziemlich ein Drittel Biscuit, dessen Kern nicht verkalkt war und deshalb nochmals gebrannt werden mußte; zweitens war die Beschickung sehr schwierig, wegen des vielen und dicken Torfrauchs, während der Torf nur in Steinen und nicht gekleint angewendet werden konnte; drittens wurde die Behandlung bei'm Einbringen des Materials in dem Untertheile des Ofens sehr schwierig und der Kalk mengte sich häufig mit demselben; viertens, nachdem der Ofen enger gemacht und versucht worden war, die Kalksteine von dem Heizmaterial durch einen über dem in Gluth stehenden Torf angebrachten Rost zu trennen, gab auch diese Einrichtung viel Biscuit und hat sich nur bei sehr weichen Steinen anwendbar gefunden. Der in diesem Ofen behandelte Stein ist übrigens sehr hart und brennt sich selbst mit Holzkohlen, die später gewählt wurden, sehr schwer. Sie haben sich daher gegen diesen Ofen als einen sehr kostspieligen, im Verhältniß zu dem Fig. 10, entschieden, dem sie einen entschiedenen Vorzug einräumen, da er immer die genügendsten Resultate gegeben hat; sowohl in Bezug der Torf-Consumtion, als auch des ohne Beimischung von Biscuit gewonnenen Kalks, sowie wegen der leichtern Beschickung.

Digitized by Google

Dritter Abschnitt.

Von den Oefen zu fortlaufender Calcination mit starker Flamme.

§. 58. Bei dieser Methode ist der Brennstoff von den Kalksteinen geschieden, wie bei dem periodischen Brennen mit starker Flamme, aber in einem eigenen Feuerraume abgesondert.

Die Oefen haben die Gestalt eines an den Enden abgestumpften Ellipsoids, oder einer mit den Grundflächen zusammenstoßenden Doppelpyramide, auch die einer umgekehrten Pyramide. Der Heerd kann bei dieser Art Oefen gerade unter den Schacht gestellt werden, wie Fig. 25 zeigt, oder außerhalb an den Seitenwänden, wie in Fig. 33 und 34.

In dem ersten Falle werden die Steine nach der Mitte zu stärker gebrannt, als die gegen die Wände liegenden; im andern Falle findet das Gegentheil Statt. Es ist daher von Belang, diese Oefen möglichst hoch zu machen, weil die Hitze stets nach oben steigt, und die Anzahl der Feuerlöcher in den Seitenwänden zu vermehren, um deren Entwikkelung zu befördern.

Das entschieden beste Modell eines solchen Ofens für Holz- und Torffeuer ist der von Rüdersdorf unweit Berlin, dem einzigen Orte in der weiten Ebene, wo ein Kalklager (Muschelkalk der Tertiärformation) angetroffen wird.

Die Abbildung Figur 44 zeigt den senkrechten Durchschnitt durch die Achse des Schachtes, Fig. 45 den wagerechten Schnitt, und zwar in der Höhe der Feuerungen, in Fig. 32, in der Höhe der Zuglöcher in Fig. 31 der Durchschnittslinie z z. Fig. 3 giebt die äußere Ansicht.

Digitized by Google

Nur der innere, zwischen **A A** liegende Theil ist der eigentliche Ofen. Der äußere Mantel **B B B** umschließt gewölbte Räume p, p, p, ..., die in den unteren Etagen zum Aufbewahren des Brennstoffes und Kalkes, im dritten und vierten Stock zu anderen Vorrathsräumen und zu Schlafstellen dienen.

Der Schacht ist von der Gicht bis zu den Feuerungen 11,9 Meter (38 rheinische Fuß), von da bis zur Sohle 2,2 Meter (7 rheinische Fuß), also im Ganzen gegen 14 Meter (45 rheinische Fuß) hoch; seine Weite beträgt bei der Gicht 1,9 Meter (6 rheinische Fuß), ebenso viel an der Sohle, an der weitesten Stelle aber 2,5 Meter (8 rheinische Fuß) im Lichten. An der dem Feuer zugänglichen innern Fläche ist derselbe 10 Meter (32 rheinische Fuß) von der Sohle aufwärts mit Charmottesteinen d', d' in einer Stärke von 1½ bis ½ Stein absatzweise bekleidet, welche in die Stärke der eigentlichen innern Mauer d d stellenweise eingebunden sind. Oberhalb noch der Gicht zu liegt die innere Mauer blos, weil daselbst das Feuer weniger Wirkung ausübt. Beide sind von einem Mantel e e umgeben, der zwischen den Mauern d, d einen Zwischenraum von einigen Zollen, die sogenannte „Füllung" läßt, welche mit Asche ausgefüllt wird. Der Zweck dieses Zwischenraumes ist: der Ausdehnung der Schachtmauer d d Spielraum zu geben, da diese wohl geeignet ist, einen fest anschließenden Mantel zu sprengen; dann aber auch die Wärme durch die schlechten Wärmeleiter (die Asche und eingeschlossene Luft) zusammenzuhalten. Abwechselnd auf den Seiten des sechseckigen Ofens liegen die drei Feuerungen b, b, b. Unter einem mit Chamottesteinen verkleideten Gewölbe g liegt der Brennstoff auf zwei durchbrochenen Thonplatten, welche zusammen den Rost bilden und deren Stoßfuge von dem Gurtbogen **F** unterstützt wird. Den Eingang

zur Feuerung schließt eine eiserne Thür. Die Luft zur Nährung des Feuers tritt aus dem Canal h durch die Rostplatten. Die Asche sammelt sich in dem Aschenfalle i; soll dieser entleert werden, so zieht man die eiserne Schlußplatte z weg, wodurch die Asche in den Raum E fällt und aus diesem abgefahren wird.

Die Oeffnungen a, a zum Ziehen des Kalks sind, um das Nachfallen zu erleichtern, nach innen zu erweitert; um diese sonst mühsame Operation noch mehr zu unterstützen, ist die Sohle nach den Oeffnungen zu nicht nur geneigt, sondern auch noch so gelegt, daß die Kalksteine von selbst nachsinken. Nach den drei Seiten nämlich, an denen die Ziehöffnungen liegen, bildet die Sohle vom Mittelpuncte aus Einschnitte oder Kerben, auf deren scharfkantigen Zwischenstegen die Steine nicht ruhen bleiben können, sondern in die Einschnitte und, wegen deren geneigter Lage, nach vorn, den Ziehöffnungen zu fallen. Damit die durch diese Oeffnungen eintretende Luft keine nachtheilige Abkühlung des Ofens hervorbringe, sind sie mit Eisenplatten verschlossen, die nur im Augenblicke des Ziehens geöffnet werden.

Vor den Ziehöffnungen steigt ein senkrechter Canal k aufwärts in den äußern Raum H, durch welchen die glühende Luft bei'm Oeffnen der Thüren aufsteigt und dadurch den mit dem Ziehen beschäftigten Arbeitern weniger empfindlich wird.

Während nun am Fuße des Ofens das Ziehen der garen Steine ununterbrochen fortgeht, wird in der Mitte ohne Unterlaß gefeuert und von der Gicht aus frischer Kalkstein nachgefüllt. Zu dem Ende ist die Gicht, die mit dem Steinbruche durch eine Eisenbahn in Verbindung steht, mit einer ringförmigen Platte c bedeckt und mit einem Eisengeländer umgeben.

Digitized by Google

Wenn der Ofen in Betrieb gesetzt werden soll, wird ein besonderes Verfahren nöthig: man füllt den Schacht bis zur Höhe der Feuerheerde b, b, also 7 rheinische Fuß hoch und brennt die Steine durch Feuer, das man unten in den Ziehöffnungen anlegt. Sind sie gar, so füllt man den Schacht vollends an, indem man die Steine anfangs in Eimern hinabläßt und dann von oben hineinstürzt, bis sie auf der Gicht gehäuft liegen; dann aber zündet man das Feuer in den eigentlichen Feuerräumen an und führt nun den gewöhnlichen Brand fort.

Alle zwölf Stunden wird Kalk gezogen und zwar 20 bis 24 Tonnen *) auf ein Mal.

Bei Rüdersdorf sind im Ganzen zwei dreischürige Oefen, ein vierschüriger, welcher 2600 Cubikfuß und ein fünfschüriger, welcher 3000 Cubikfuß Kalk faßt. Der fünfschürige gab in zwölf Stunden 68 bis 85 Centner garen Kalk; er braucht mehr Brennstoff, als der vierschürige, der ebenso viel Kalk liefert.

Ein anderer, ähnlich construirter Ofen daselbst hat die Gestalt Figur 33 und giebt ebenfalls sehr günstige Resultate.

Derselbe hat fünf Heizungen (Heerde oder Gassen), deren jede in dem Grund-, Aufrisse und Durchschnitte durch a a . . . bezeichnet ist. Die innere Auskleidung b b der Wände ist von strengflüssigen (Chamotte-) Steinen, die Wände selbst sind von gewöhnlichen gebrannten Steinen aufgeführt. Zwischen der innern Bekleidung b und der Ummauerung c c ist ein Zwischenraum d d angebracht, der, mit Asche

*) Die Kalktonne hält 6¾ rheinische Cubikfuß oder 4 Berliner Schiffel. Für den in selbige gemessenen gebrannten Kalk kann man 4½ Cubikfuß oder 2¼ Scheffel solid en Kalk rechnen, dem ungefähr für die ganzen zwölf Stunden 68 bis 81 Centner entspricht.

Digitized by Google

ausgefüllt, wie bei dem vorbeschriebenen, einen Mantel um die Wände bildet und als Nichtleiter die Wärme vom Uebergange in die Masse des Mauerwerks abhält. f, f sind Oeffnungen, aus welchen der Kalk gezogen wird. Dieser Ofen erzeugt in 24 Stunden gegen 90 Hectoliter Kalk.

Das Brennmaterial ist ein Gemenge von Holz und Torf, einen Theil des erstern auf vier Theile des letztern. Der Preis des Torfs ist daselbst etwas geringer, als die Hälfte gleichen Volumens Holz.

Rumford beschreibt einen Ofen (Fig. 26), der viel Aehnlichkeit mit dem Fig. 33 hat, aber viel kleiner im Durchmesser ist, weshalb er ihm auch nur eine Feuerung zutheilt.

Noch verdankt man Rumford die Beschreibung eines andern Ofens mit rücktretender Flamme, Fig. 12 und 13.

Das Brennmaterial kommt hier auf die Rostanlage (alandier) f; die Luft tritt durch den obern Theil ein und streicht mit der Flamme und dem Rauche in ein Gewölbe, aus dem sodann die Hitze und Flamme sich in das Innere a b des Ofens ausbreiten, um die Steine zu calciniren.

Bei diesem Durchgange wird der Rauch, der im steten Contact mit dem in der Luft übrigen Sauerstoffe bleibt, verzehrt und steigert die entwickelte Wärme.

Die durch die Gicht b eingesetzten Steine fallen in den horizontalen cylindrischen Raum m n n m ab, um durch die Seitenmündungen l, l ausgezogen zu werden, wenn sie gar gebrannt sind. Endlich sind in dem Cylindermantel Oeffnungen d, d angebracht, mittelst welcher man Luft zum Abkühlen des Kalks einlassen kann.

Diese, wie alle nach demselben Principe construirten Oefen sind bei Weitem vortheilhafter, als

die mit ununterbrochenem Gange, worin die Steine mit dem Brennstoffe gemischt eingesetzt werden. In der That bringen diese Art Oefen, durch die hohe Lage des Heerdes, die Flamme und den Dunst, die von dem Feuer aufsteigen, in beträchtlicher Fläche mit dem Stein in Berührung und hindern die Hitze, in die Luft auszuströmen. Noch mehr, da sie ununterbrochen gehen, so beugt man dem Wärmeverlust vor, der nothwendig die Abkühlung des Ofens begleitet, wenn man ihn leert und wieder füllt. Dabei ist der Apparat so geordnet, daß die Steine, sobald sie calcinirt sind und daher einen hohen Grad von Hitze haben, bei dem Erkalten diese Hitze an die frische Füllung abgeben und mit zur Calcination wirken. Dies ist der Grund, warum der Heerd über dem Mundloche, aus dem man den Kalk zieht, erhaben ist. Endlich haben diese Oefen den Vortheil, daß sie die Berührung des Kalks mit dem Brennstoffe verhindern, der dem Kalke Eigenschaften rauben kann, wie unter andern die weiße Farbe, die in so manchen Fällen gefordert wird.

§. 59. Im Allgemeinen sind demnach die ununterbrochen gehenden Oefen zweierlei Art: die eine ist, wo man den Stein mit dem Brennstoffe schichtenweise einträgt, die andere, wo man den letztern in seitwärts gelegenen Feuerräumen verbrennt und von da aus die Flamme in den Schacht steigen läßt, der als Zugröhre dient. Die erste Classe ist die einfachere und gemeinste; man heizt sie gewöhnlich mit Anthracit oder Steinkohle. Die Oefen haben aber den Nachtheil, daß der Kalk stets mit der Asche des Brennmaterials gemischt ist. Anfangs hatten die Oefen die Gestalt eines gekürzten, auf die Spitze gestellten Kegels und waren unterhalb mit einem Roste versehen, durch welchen die zum Verbrennungsproceß nöthige Luft strich. Jetzt giebt man ihnen eine ellip-

Digitized by Google

solde Gestalt, die besser die Hitze nach innen concentrirt, und ersetzt den Rost durch eine Sohle, deren Verticalschnitt eine Ellipse ist, an dessen beiden Enden Thüren zum Ziehen des Kalks angebracht sind. Es ist wichtig, daß diese Thüren hinreichende Oeffnungen haben, um den Zugang einer zum Brennen der Steinkohle mehr als zureichenden Menge Luft zu vermitteln, weil Erfahrung gelehrt hat, daß die Austreibung der Kohlensäure leichter vor sich geht, wenn ein größerer Ueberschuß an Luft vorhanden ist.

Man muß, wo möglich, die Oefen an einen Hügel anlehnen, damit die Geschirre, welche die Steine anfahren, bis zu der Gicht gelangen können. Sie verzehren im Mittel ein Volumen Kohle auf drei Volumen Kalkstein.

In Gegenden, wo man den Kalk mit Torf brennt, der immer eine beträchtliche Menge Asche erzeugt, stellt sich bei diesen Oefen der große Nachtheil heraus, daß sich die Torfasche in großer Menge mit dem Kalke vermengt und einen ansehnlichen Abgang verursacht. In diesem Falle muß man seine Zuflucht zu den Oefen zweiter Classe nehmen, wozu die Rüdersdorfer Oefen vorzügliche Muster geben. Außer dem bereits erwähnten vortheilhaften Einflusse, den der Wasserdunst bietet, geht die Operation des Brennens auch viel rascher bei nassem als bei trocknem Wetter vor sich. Aus demselben Grunde ist es besser, Kalksteine einzusetzen, die noch die Grubenfeuchtigkeit haben, als sie erst an der Luft austrocknen zu lassen; es ist dieselbe Wirkung, wie die eines starken Luftzugs. Andererseits geht aus Versuchen von Gay-Lussac und Faraday hervor, daß kohlensaurer Kalk in einer Atmosphäre von reiner Kohlensäure durch Hitze nicht zersetzt wird. Darum ist es sehr schwer, kohlensauren Kalk durch Calciniren in Schmelztiegeln kaustisch zu machen.

Digitized by Google

Oft ereignet es sich in den Kalköfen, daß ein geringer Theil von Kalksteinen nur theilweise zersetzt ist. Dergleichen Stücke, die man todtgebrannte (incuits) nennt, zerfallen nicht im Wasser, oder es wirkt dasselbe nur langsam ein. Die Ursachen dieser Erscheinungen sind verschiedene. Entweder waren die Steine zu wenig erhitzt und haben keine oder nicht alle Kohlensäure verloren, oder es hat sich durch zu kurze oder zu gelinde Einwirkung auf die einzelnen Kalkstücke halbkohlensaurer Kalk ($2\,CaO, CO_2$) gebildet.

Eine dritte bereits erwähnte, den ersteren ziemlich entgegengesetzte Ursache ist die Silicatbildung des Kalks mit einem thonigen Bestandtheile, wodurch äußerlich durch Zusammensintern eine dichte Hülle entsteht, welche das Entweichen der Kohlensäure aus dem Innern verhindert, so daß ein kohlensaurer Kalk zum Kern bleibt. Dies ist's, was am häufigsten unter „todtgebrannt (biscuits)" verstanden wird.

In vielen Fabriken Englands, wo man Bleichkalk mit Kohlenklein von sehr backenden Kohlen brennt, schichtet man die Kohlen und den Kalk ebenfalls nicht abwechselnd, denn die Kohlenschichten würden bei der ersten Hitze zusammensintern und eine dem Zuge undurchdringliche Kruste bilden. Die Oefen sind deshalb nach Art der Rüdersdorfer angelegt, aber nur mit zwei gegenüberliegenden Feuerungen versehen. Die Kohlen werden von oben durch zwei besondere kleine Schächte in ein Nebengewölbe hinuntergestürzt, wo sie der Schürer zum Feuern entnimmt.

§. 60. Obgleich die Oefen mit ununterbrochenem Gange eine bedeutende Brennstoffersparniß ermöglichen, so heben sie doch unter gewissen Umständen die Beibehaltung der intermittirenden Oefen nicht auf. Die ununterbrochenen Oefen, wie die

Rüdersdorfer, beschäftigen den Unternehmer so vollständig, daß er seine Zeit und Kraft dieser Fabrication allein widmen muß; sie können sonach nicht als Nebenerwerb bei der Landwirthschaft oder einem andern Gewerbe betrieben werden. Ferner ist die Masse an gebranntem Kalk bei ihnen so groß, daß deren Absatz sich nicht allein auf die Umgegend von einigen Meilen beschränken darf, sondern daß sich der Vertrieb auf weiter entfernte Gegenden, auf geeigneten Transportwegen, muß ausdehnen können.

Wer daher diese Aussicht nicht unbedingt hat, behalte seine kleineren unterbrochen wirkenden Oefen ja bei und suche ihnen nur solche Verbesserungen zu geben, die den Holzaufwand möglichst vermindern.

Zehntes Capitel.

Von den Oefen zu doppelter Nutzung.

Erster Abschnitt.

Von den Oefen, deren überflüssige Hitze benutzt werden kann, oder die zugleich zum Kalkbrennen und einem andern Zwecke dienen.

§. 61. In den Oefen, worin man periodisch brennt und wo man die zur Gare nöthige Hitze bis zur Gicht treiben muß, entweicht der Ueberschuß von Hitze mit reinem Verlust durch diese Oeffnung und

zwar in desto größerer Menge, je weiter die Mündung ist, und dabei in einer desto längern Zeit, als der Kalkstein härter und feuchter ist.

Diesem Uebel vorzubeugen, hat man versucht, den Wärmeverlust auf verschiedene Weise zu nutzen, besonders zum Brennen von Mauer- und Dachsteinen, bei denen man, der Mischung ihrer Masse nach, annehmen kann, daß sie einen geringern Hitzgrad erfordern, als der Kalk.

Einen Ofen, wie sie zu solchem Gebrauche am Niederrhein gebraucht werden, stellt Fig. 35 dar.

Man baut zuerst mit Kalksteinen eine trockne Mauerung ein, wobei man die größten Steine gegen 40 Centimeter (15 Zoll) auf jeder Fläche groß nimmt; dabei wölbt man drei gleiche Heizcanäle, die mit den drei Mundlöchern correspondiren, jeden 1,46 Meter (4½ Fuß) hoch und 65 Centimeter (2 Fuß) weit, und setzt die Steine über diesen Heizcanälen nur 48 Centimeter (18 Zoll) hoch ein, so daß in dem Ofen eine Höhe von 1,94 Meter (6 Fuß) mit Steinen beschickt wird. Die letzte Lage muß sich gut horizontal und eben abgleichen, indem auf sie die Ziegel über Kreuz gelegt werden, zwischen denen man Zwischenräume von 14 Millimetern (6 Linien) läßt, damit das Feuer in der ganzen Höhe des Ofens, bis zu der man die Ziegel einschichtet, durchspielen kann.

Gewöhnlich dauert die Calcinirung und der Brand sieben bis acht Tage. In den ersten 24 Stunden feuert man mit angegangenem Eichenholz, welches viel Rauch giebt, steigert dann das Feuer allmählig auf einen heftigern Grad und unterhält es in der größten Stärke die fünf folgenden Täge mit jungem Eichenholz. Zuletzt beendet man den Brand durch ein helles Feuer von harzigem Holz, wodurch die letzte Gare gegeben wird.

Digitized by Google

Um 49,976 Cubikmeter (1458 Cubikfuß) Kalksteine und 30,000 Ziegel, 32 Centimeter (12 Zoll) lang, 16 Centimeter (6 Zoll) breit und 68 Millimeter (2½ Zoll) dick zu brennen, braucht man 161,240 Stères [42 Klaftern (cordes)] Holz und erhält außer den Ziegeln 47,988 Cubikmeter (1400 Cubikfuß) Kalk.

§. 62. Aehnlich geschieht das Kalkbrennen in Sachsen und den anstoßenden Ländern bei dem gewöhnlichen Betriebe der Ziegelbrennerei; es herrscht sogar bei den Zieglern ein wahrer Köhlerglaube, daß der Brand von Ziegeln ohne gleichzeitigen Kalkeinsatz nicht vollzogen werden könne.

Ein triftiger Grund kann wohl darin gesucht werden, daß, wenn an dem unmittelbaren Feuer ein Theil der Masse, Ziegel oder Kalk, stets verloren geht, der Verlust des Kalks doch weniger werthvoll, als der an Ziegeln ist.

Die Kalksteine erhalten ihre Stelle zunächst der Feuergewölbe, und zwar rechnet man auf einen Ofen zu 16 bis 20,000 Stück Mauer- und Dachziegeln gegen eine Sechstel- bis eine Viertelruthe (à 256 Cubikfuß). Sie füllen dann die Räume zwischen den Feuergewölben, werden aber selten höher aufgeschichtet, als diese sind, und große Stücke derselben bilden gemeiniglich mit Berücksichtigung der erforderlichen Zuglöcher die Wölbung selbst und die Feuergassen. Wird mehr Kalkproduction beabsichtigt, so können die Kalksteine noch 18 bis 20 Zoll höher, als die Gewölbe, eingefahren werden; dies rechnet man jedoch als Maximum *). Auf die Kalkschicht wer-

*) Zuweilen rechnen die Ziegelbrenner ⅓ der Ofenhöhe auf den Kalk und die Gewölbe, ⅓ auf Mauersteine und ⅓ auf Dachsteine.

Digitized by Google

den dann unmittelbar die rohen Ziegeln auf die hohe Kante eingesetzt.

§. 63. Das gleichzeitige Brennen von Kalk und Ziegeln ist nicht ohne Nachtheile, wenn es in Oefen, wie die beschriebenen, geschieht. Sehr häufig erhalten die Mauer- und Dachsteine eine unregelmäßige Gestalt durch das Zusammensetzen des Kalks, auf dem sie lagern. Sie nehmen fast immer eine schräge Lage an, indem sie der verschiedenen Bewegung folgen, die der Kalk bei der Verminderung seines Volumens während des Brennens bedingt; und oft brechen die Dachziegeln bei'm Senken.

Zur Vermeidung dieses Schadens macht man in dem Departement der Deux-Sèvres von Oefen nach Fig. 27 Gebrauch, worin die Ziegeln durch eine kleine Mauer abgeschieden werden, in welcher gewölbartige Oeffnungen zum Durchgange der Flamme angebracht sind. Da diese Einrichtung jedoch mit einem größern Aufwande an Brennmaterial verknüpft ist, so müssen wir einen Zwischenrost für vortheilhafter halten, indem eine solche Vorrichtung mehr Durchgangsöffnung gestattet, als bei Mauerung erzielt werden kann.

Bei Nemour findet man einen Kalkofen zum periodischen Brennen, der den nämlichen Zweck erfüllt. Ueber der obern Plattform (Figur 37) ist ein anderer Ofen aufgeführt, in den die Ziegeln eingesetzt werden. Die Flamme oder das kohlensaure Wasserstoffgas des ersten Ofens tritt in den zweiten durch eine der Gicht nahe Seitenöffnung, und es soll, der Angabe nach, die Hitze die Ziegeln oder Mauersteine vollkommen gut brennen.

Wie dies auch sich verhalte, so können wir dergleichen Operationen doch nicht anrathen, wenigstens nur dann, wenn man einen sehr harten Kalkstein und sehr leichte Ziegelwaare hat, die aus einem

Digitized by Google

unreinen Thon besteht, dessen Bestandtheile ein leichtes und schnelles Brennen ermöglichen. Ohne diese Bedingung verfehlt man unzweifelhaft seinen Zweck, den der Ersparniß, weil, entweder, um gute Ziegeln zu erhalten, eine höhere, wenigstens nicht geringere Temperatur, als die zum Kalkbrennen nöthig ist, oder man sich dann der Gefahr aussetzt, einen übergaren, untauglichen Kalk zu erhalten, wenn man die Hitze so hoch treibt, daß die harten Mauersteine gut werden. Ebenso ist sehr zu vermuthen, daß die zahlreichen und zufälligen Ursachen, die auf das beschleunigte oder verzögerte Brennen des Kalks wirken, gleichmäßig in dem andern Raume für Ziegeln thätig sind.

Man darf daher annehmen, daß die Methode des gleichzeitigen Brennens nur in seltenen Fällen und nur unter gewissen Umständen nützlich sein kann, und es im Allgemeinen räthlicher ist, Ziegelwaare und Kalk abgesondert zu brennen.

In allen Fällen, wo man einen Vortheil in Benutzung der der Gicht entweichenden Hitze zu finden glaubt, ist anzurathen, sich vorzugsweise der ellipsoiden fortdauernden Oefen, wie Figur 33, zu bedienen, denen man mehr Höhe giebt und wo man nur Kalksteine einsetzt. Es werden dadurch nicht allein leichter die angezeigten Uebelstände, sondern auch die Beschwerde doppelter auf einen Punct gerichteter Handarbeit vermieden.

Digitized by Google

Zweiter Abschnitt.

Von den Oefen, deren entweichende Hitze zum Brennen des Kalks benutzt werden kann.

§. 64. Das Brennen des Kalks in solchen Oefen ist im Grunde nur der, dem vorher beschriebenen, umgekehrte Fall, der jedoch unleugbare Vortheile gewährt.

Da nämlich der Hitzgrad, den harte Ziegeln ertragen müssen, ehe er so weit steigt, daß die Ziegeln verglasen oder springen, ein weit höherer ist, als der zum Brennen der gewöhnlichen Kalksteine erforderliche, so wird es leicht, den Kalk mit der überschüssigen Hitze gar zu brennen. Man wird dies selbst unter weniger günstigen Umständen einrichten.

Es giebt eine Menge Operationen, wobei eine ansehnliche Menge Hitze verloren geht, die für unsern Zweck benutzt werden kann; indeß wird es hinreichen, nur einige derselben hier anzuführen, um den Gang kennen zu lernen, den man in ähnlichen Fällen einzuschlagen hat.

Die Operationen, welche auf Metallurgie Bezug haben, gehören unter diese Zahl; sie besonders gewähren Vortheile, die anderen abgehen, weil die gasartigen Dämpfe, die aus der Gicht solcher Oefen strömen, Kohlenwasserstoffgas oder Kohlenoxydgas enthalten, das sich, mit dem Sauerstoff verbindend, entzündet und aufflammt und somit einen bedeutenden Antheil an der Erhitzung nimmt.

Berthier hat über dergleichen Arten von Oefen zahlreiche Details mitgetheilt, die man in dem 35. Bande des **Journal des Mines** finden.

Digitized by Google

Unter anderem sagt er darin: „Eins der vortheilhaftesten Heizmittel gewährt die Flamme der Hohöfen und der Hammerwerke. Die Benutzung der da entweichenden Hitze zur Erzeugung eines Materials, dessen Verbrauch so allgemein und großartig, selbst zum Hüttenbetriebe unentbehrlich ist, des Aetzkalks, kann auf eine sehr einfache und wohlfeile Weise geschehen. Die Vortheile, welche sich aus einer dergleichen Verwendung ergeben, liegen zu klar vor Augen, als daß man sie nicht benutzen sollte, wo jene Hüttenanlagen vorkommen.

Zu diesem Zwecke baut man einen gewöhnlichen Kalkofen prismatischer Form, nach Dimensionen, welche der Localität angemessen sind ꝛc.“

Erstes Beispiel.

§. 65. Wir setzen zuerst den Fall, ein solcher Ofen sei auf einem Hohofen (Fig. 38) angebracht. Er kann in diesem Stande 20 bis 25 Decimeter (7 Zoll 5 Linien bis 9 Zoll 3 Linien) Mauerstärke erhalten und seine Sohle sich nach der Bequemlichkeit des Füllens richten; im Allgemeinen legt man sie 40 Decimeter (14 Zoll 10 Linien) über die Plattform des Hohofens. Die Vordermauer steht bündig mit dem Rande der Gicht, welcher der Seite der Beschickung gegenüber liegt. Zwei kleine Seitenmauern a, auf die Umfassungsmauer rechts und links der Gicht gestellt, bewahren die Flammensäule gegen den Einfluß der Winde, die bei einiger Heftigkeit deren Richtung verändern würden. Diese Vorkehrung ist jedoch nicht unbedingt nöthig, wenn die Plattform überbaut ist. Die Einmündung des Ofens b steht unmittelbar an der Gicht und erhält 5 Decimeter (18 Zoll) Weite und Höhe. Sie wird mit einer gußeisernen Platte verschlossen, die auf und nie-

Digitized by Google

der beweglich ist, ungefähr wie bei einem Reverberirofen, und welche die Oeffnung nach Belieben zu verengen gestattet. Durch eine Seitenöffnung d füllt man den Ofen.

Endlich sind gewöhnlich über dem Ofen fünf Zugröhren e angebracht, deren eine etwas erhöht in der Mitte, die andere, aus bloßen Löchern bestehend, in den Winkeln eingebracht sind. Diese Zuglöcher dienen zur Beförderung des Zugs, besonders aber zu gleichförmiger Vertheilung des eintretenden Gases.

Man füllt wie gewöhnlich, damit beginnend, daß man die größeren Steine wölbartig einsetzt und darauf die kleineren bis zu einer gewissen Höhe schichtet, wobei man Acht haben muß, daß die Steine sorgfältig gelagert, nicht zu klein und zu dicht ineinander gepreßt sind, weil die Flamme sich sonst dahin ziehen würde, wo ihr der wenigste Widerstand geboten wäre, und dadurch eine ungleiche Gare entstehen würde.

Ist der Ofen gefüllt und soll geheizt werden, so hebt man die Platte 5 bis 6 Centimeter (2 Zoll bis 2 Zoll 3 Linien). Alsbald wird die Flamme eintreten und nach einigem Flackern einen geregelten Gang nehmen. Man unterhält dieses schwache Feuer 24 bis 36 Stunden, hebt dann nach und nach die Platte, bis eine Mündung von 16 bis 20 Centimetern (6 Zoll bis 7 Zoll 6 Linien) Höhe entsteht. Die Flammenzunge zieht in ganzer Breite durch die Oeffnung ein und giebt das starke Feuer, welches drei oder vier Tage anhält. Der Ofen erlangt bald das Maximum der Hitze und wird weißglühend. Man hat beobachtet, daß bei weiterer Oeffnung der Mündung, wenn man vielleicht noch einige seitwärts streichende Flammenzungen auffangen will, die Temperatur sich eher vermindert, als erhöht, weil dadurch

ein zu jäher Luftstrom entsteht, der sich nicht gehörig erhitzt und sonach den Ofen kühlt.

Nach Verlauf von 5 bis höchstens 6 Tagen ist die Operation beendet, so daß man vier oder wenigstens drei Brände monatlich machen kann. Der Gang des Hohofens leidet nicht im Geringsten von der Arbeit des Kalkbrenners; dieser arbeitet zur Seite und kommt den Hüttenleuten, die vor der Gicht einfüllen, nicht in den Weg.

Ein Ofen von solcher Einrichtung zu Vierzon, Departement du Cher, faßt 80 Poinçons*) Kalk. Man lohnt die Arbeiter allgemein nach dem Stück und zahlt ihnen für die Tonne Kalk 1 Franc. Den Eigenthümern kommt dasselbe Maß nicht höher als 1 Franc 50 Centimes oder bei entlegenen Brüchen 2 Francs zu stehen. Der Gewinn hängt von dem Preise des Kalkes ab; in der Nähe der Hüttenwerke und Städte ist dieser oft 4, 5 ja 6 Francs. Die Besitzer der Hammerwerke verkaufen ihn ein Drittel unter dem Cours, und doch giebt der Gewinn in günstigen Fällen des Absatzes ohne Risico und Schwierigkeit noch eine jährliche Einnahme von 3000 Francs.

Berthier schätzt die Ersparniß an Holz an 12 bis 15 Stères. Derselbe fügt hinzu, daß man auf unendlich modificirte Weise die Flamme eines Hohofens, eines Hammerwerkes oder sonst eines Hüttenwerks zum Brennen des Kalk verwenden könne.

Zweites Beispiel.

§. 66. Die hier beschriebene Methode Kalk zu brennen, kann auch bei immergehenden Oefen ausgeführt werden. Die Arbeit wird sich sehr leicht und

*) Kalktonnen.

Digitized by Google

die Operation ziemlich schnell machen. Außer Ersparung des Brennmaterials, tritt noch die an Handarbeit hinzu.

Fig. 39 giebt eine Idee von der Anlage, die man einem solchen Ofen geben müßte. Man hat ihn elliptisch geformt, um von der vollen Kraft der Heizung Nutzen zu ziehen; jedoch läßt sich die Form und Größe immer noch der Localität anpassen. Die Gase dringen, nachdem sie sich bei'm Eintritt in den Canal a entzündet haben, durch denselben in den Ofen; ein Luftstrom, den man durch die Oeffnung b streichen lassen und nach Belieben regeln kann, beendet, während er vorher bei dem Durchgange durch einen Theil der glühenden Steine erhitzt worden, die Verbrennung des Gases in dem Innern. Man wirft die zerschlagenen Steine in Stücken von mittlerer Größe durch die Gicht c, zu der man durch eine Rampe oder auf andere Art gelangt; zieht den Kalk durch die Thür b in Zeiträumen, die sich durch Versuche bestimmen lassen, und läßt ihn unter dem Gewölbe d erkalten.

Dieser Ofen kann, gleichzeitig mit der Calcinirung des Kalkes, zum Rösten von Erzen dienen.

Drittes Beispiel.

§. 67. In England, wo ein großer Koks-Verbrauch Statt findet, brennt man ebenfalls Kalksteine mit Hülfe des Wärmeüberschusses, der bei dem Verkoken zu Gebote steht.

Eine solche, von Heathom in Maidstone eingerichtete Anlage ist sehr einfach und gewährt große Ersparniß; nicht allein, weil die zu verkokenden Steinkohlen während des Processes den Kalkstein calciniren, sondern auch weil die Vermehrung des in Koks verwandelten Kohlenvolumens den Koks einen solchen Handelswerth giebt, der ziemlich dem der ro-

Digitized by Google

hen Steinkohlen gleich ist, so daß die Kosten des Doppelprocesses, des Kalkbrennens und der Verkokung, dergestalt vermindert werden, daß sie, so zu sagen, Null anzunehmen sind.

Fig. 40 stellt den zu der Doppeloperation eingerichteten Ofen dar.

Die Kokösen (deren man zwei und mehre dazu benutzen kann) sind wie A A zeigt construirt und mit dem Kalkofen zusammengelegt, der mit ihnen durch die Oeffnungen b, b communicirt. Sie werden mit den Steinkohlen durch die in der Vordermauer des Ofens angebrachten Mundlöcher c, c gespeiset, welche mit Eisenthüren geschlossen sind. Die Thüren haben in dem obern Theile eine horizontale, lange und rechtwinklige Oeffnung, durch welche die zur Verbrennung der bituminösen und entzündlichen Theile nöthige atmosphärische Luft zutritt.

Die aufsteigenden Flammen treten in den Kalkofen durch eine Reihe Oeffnungen b, b, und damit der Zug der einen Seite verhindert werde die Verbrennung auf der entgegengesetzten Seite des Ofens zu schwächen, ist in der Mitte des Kalkofens eine Zunge d aufgemauert, wodurch die Flamme und die Hitze gezwungen werden, sich durch die ganze ausgebreitete Masse der Kalksteine zu drängen.

Der untere Theil der Steine erlangt einen sehr hohen Hitzegrad, der obere Theil glüht kirschroth; d', d' sind die Seitenmauern des rechtwinkligen Schachtes, der die Kalksteine aufnimmt, von seiner Mündung an bis herab auf die Eisenstangen, die den Rost bilden, und die ganze Masse tragen. Diese Mauern sind 12 Decimeter (3 Fuß 8 Zoll) dick. Die Steine werden in Körben F durch einen Krahn hinter dem Ofen aufgewunden; oben ist eine Plattform mit Brustlehnen angebracht, um bequem hantiren zu können.

Digitized by Google

Wenn der Kalkofen völlig gefüllt ist, schließt man den Aschenfall unter dem Roste entweder mit Ziegeln oder mit einem, mit Sand gefüllten, eisernen Kasten, um die äußere Luft ganz abzusperren, und damit keine ausstrahlende Wärme verloren gehe; denn wenn die Operation im Gange ist, darf nicht anders atmosphärische Luft zutreten, als durch die Register in den Thüren der Koksöfen.

Nach Calcinirung von ungefähr zwei Dritteln der Masse nimmt man den obengedachten Verschluß, sowie auch einige der beweglichen Eisenbarren e, e hinweg, damit der Kalk sich herabsenken könne, den man dann auf Schiebkarren auf der Rampe g abfährt, und dann füllt man unmittelbar wieder nach.

In den Seitenmauern sind stellenweise Oeffnungen h, h angebracht, deren Zweck ist, das Senken des Kalks zu erleichtern, indem die eisernen Thürchen geöffnet werden und durch die Oeffnungen der Kalk mit Schürstangen aufgelockert wird. Andere dergleichen Oeffnungen befinden sich in k, k in dem Koksofen, um die Seitencanäle b, b leicht reinigen und den Flammen freien Durchzug erhalten zu können.

Die Koks werden durch die vordern Thüren herausgezogen. Die mittlere Zeit des Garbrennens des Kalks ist fast dieselbe wie bei den andern Oefen.

Digitized by Google

Eilftes Capitel.

Ueberſicht der vorhergehenden Capitel, in Bezug auf die Oefen und Brennmethoden, die ſich als die vortheilhafteſten zeigen. Hauptregeln bei Anlagen von Kalköfen.

Erſter Abſchnitt.

Ueberſicht.

§. 68. Wir haben in dem Vorhergehenden die Oefen kennen lernen, die in mehrern Gegenden üblich ſind, und wollen ſie hier nach Ordnung ihrer Leiſtungen aufſtellen, ſowie die verſchiedenen Brennmethoden nach ihren Vorzügen ordnen. Es iſt dabei jedoch ſtets zu bevorworten, daß oft locale, unvorherberechnete Rückſichten die Wahl bedingen. Ebenſo hängt es von der gewünſchten Natur des gebrannten Kalkes, von dem am wohlfeilſten zu erlangenden Brennſtoffe ab, zu welcher Art von Oefen man ſich beſtimmen muß, oder welcher Modus des Brennens der geeignetere iſt.

1) Unſtreitig ſind die Oefen, wobei man die entweichende Hitze einer andern Feueranlage zum Kalkbrennen benutzen kann, die vortheilhafteſten, weil ſie keinen Aufwand von Brennmaterial erfordern. Es kann freilich dieſe Methode zu brennen nur von Localumſtänden abhängen, und dieſe finden ſich ſehr vereinzelt.

2) Unter allen Methoden iſt das Brennen mit ununterbrochenem Gange die vorzüglichere, weil die

Digitized by Google

Wände des Ofens nie auskühlen und dadurch der Aufwand an Brennstoff wegfällt, der sie erst bei jedem Brande wieder in den nöthigen Grad von Erhitzung setzen müßte; unter den dazu eingerichteten Oefen aber sind diejenigen die besten, die mit starker Flamme geheizt werden, d. i., worin das Brennmaterial von den Kalksteinen abgesondert ist.

Der Rüdersdorfer Ofen (Fig. 26 bis 30) oder der Rumford'sche (Fig. 33, 34) können als Typus der besten dieser Art, die jetzt bekannt sind, dienen.

3) Handelt es sich um das Brennen mit schwacher Flamme, so kann man unbedenklich die Oefen Fig. 15 und 22 benutzen. Deren conische Form sagt besser, als jede andere zu, weil die abwechselnden Gichten von Steinen und Brennstoff, während sie calciniren oder sich verzehren und dadurch ihr Volumen vermindern, die Hitze durch ihr Zusammensetzen concentriren, die außerdem mit offenbarem Verlust entweichen würde. Ueberdies macht sich die Beschickung sehr leicht und man hat bei'm Ziehen des Kalkes aus dem untern Ofen weniger das freiwillige Nachstürzen zu fürchten.

4) Für das periodische Brennen ist der Ofen Fig. 10 vorzuziehen, wie wir bereits oben bemerkt haben; jedoch brauche man ihn nur bei'm Brennen mit starker Flamme, und da diese Methode viel Aufsicht verlangt, kann man ihm die Priorität über diejenigen Oefen nicht zugestehen, worin man das Brennmaterial und die Steine abwechselnd schichtet, außer wenn an passendem Brennstoffe zu letzterer Procedur Mangel ist.

5) In Fällen, wo man mit schwacher Flamme periodisch brennen will, benutze man Oefen von cylindrischer Form; nicht allein weil sie leicht aufzuführen sind, die Hitze genügend concentriren, sondern auch, weil die Einsatzschichten von einerlei Dimension

Digitized by Google

sind, welches dem Brande in sämmtlichen Theilen der Füllung eine gleichförmigere Gare zu ertheilen beiträgt.

6) Endlich noch lassen sich von den Kalköfen, deren Wärmeüberschuß benutzt werden soll, noch andere Heizprocesse zu betreiben, nicht immer sichere Resultate vorhersagen.

Man lege daher dergleichen Oefen nur an, wenn man im Voraus von dem Vortheil überzeugt ist, den ein solcher Doppelbetrieb gewähren wird.

Zweiter Abschnitt.

Allgemeine Regeln, die bei'm Bau der Kalköfen zu befolgen sind.

§. 69. Um eine sichere Ansicht von der Wirkung der Flamme und Hitze in einem beschränkten Raume zu gewinnen, möge man Folgendes beachten:

1) Die von der Heizung erregte Wärme durchdringt alle Körper, die sie erreichen kann, oder mit andern Worten, die aus einem Brennstoff entwickelte Wärme wird auf zweierlei Weise auf die Umgebung übertragen, nemlich durch Strahlung und durch unmittelbare Berührung.

2) Die strahlende Wärme beträgt immer den kleinsten Theil der ganzen entwickelten Wärmemenge; nach Peclet bei'm Holz $\frac{1}{4}$, bei der Holzkohle $\frac{1}{2}$, bei der Steinkohle ziemlich ebensoviel, bei'm Torf und der Torfkohle $\frac{5}{12}$.

3) Die größte Wärme entwickelt die Flamme, das Feuer, in der Mitte, oder seiner Achsen- (Höhenrichtung) nach, und zwar die meiste zunächst der brennenden Stoffe; weniger in gleichem Abstande nach

Digitized by Google

den Seiten hin; nach unten verhältnißmäßig sehr gering, vorausgesetzt, daß Luftströme (natürliche oder künstliche) dieses Verhalten nicht verändern.

4) Je lockerer (poröser) oder dichter ein Körper ist, desto eher oder langsamer durchdringt ihn die Wärme. Daher folgt die Flammenwirkung eher den Zwischenräumen von Körpern, die um dasselbe aufgeschüttet sind, als sie auf die Körper selbst ihren Einfluß äußert, zumal das Feuer durch den in den Zwischenräumen vorhandenen Sauerstoff gewissermaßen Nahrung empfängt.

5) Das Feuer steigt, sich frei überlassen, immer nach der Höhenrichtung, nie freiwillig unter sich.

Wird es künstlich dazu genöthigt, so gehorcht es nur widerspenstig dem Zwange. Auch dessen Ausdehnung seitwärts geschieht nicht mit jener Bereitwilligkeit, wie nach oben.

6) Die Strahlung des Feuers, sie mag natürlich sein oder durch künstliche Mittel irgend eine Richtung erhalten, folgt bei dem Anstoßen an Körper den Gesetzen der Widerstrahlung (Reflexion), d. h., sie schlägt unter demselben Winkel von einer Fläche zurück, unter dem sie auffiel.

7) Das Feuer sucht sich immer gern in einen Strahl zu vereinigen, welcher Conoidform hat. Wird diese Bildung durch Hindernisse gestört, so geht die Flamme doch jenseits wieder zu einem Kegel zusammen oder zertheilt sich, daran verhindert, in mehre kleinere Conen.

Dadurch nun, daß man den oben aufgezählten (hier unter andern besonders wichtigen) Eigenthümlichkeiten die Form des Brennofens anpaßt, kann es nur gelingen, einen Ofen aufzustellen, der die meisten Vortheile in öconomischer Beziehung, wie in der auf die Güte des Fabricats, gewährt. Es ist also die Haupttendenz, das Feuer in dem Kalkofen so

Digitized by Google

gleichförmig und dem Product so angemessen als möglich wirkend zu machen.

Zu den daraus abgeleiteten Bedingungen gehört:

1) Daß der Heerd der Wärmeentwickelung nicht zu weit von den Wänden des Ofens abstehe;

2) daß dieser Abstand nach den verschiedenen Richtungen möglichst ein gleicher sei;

3) daß das Feuergewölbe so angelegt werde, daß die Wirkung des Feuers sich gleichmäßig nach allen Seiten hin verbreiten könne;

4) Eine Verminderung der Ungleichförmigkeit der Hitze, und dadurch der verschiedenen Güte des Einsatzes, läßt sich um Vieles durch die innere Gestalt der Oefen heben; nur darf man nicht zuviel auf Annahmen geben, daß, z. B., bei elliptischen (eirunden) Formen die strahlende Wärme auf die beiden Brennpuncte, bei paraboliſchen Formen in den einen Brennpunct u. s. w. zurückgeworfen würde; indem die Hindernisse der freien, unbehinderten Reflexion durch die Kalksteine gegeben sind, welche deren normalen Gang aufheben und somit ziemlich ganz unwirksam machen.

5) Indessen läßt sich doch soviel daraus entnehmen, daß cylinder- und kegelförmige Oefen mehr Vortheile bieten müssen, als solche von parallelepipedischer Form.

6) Will man bei einer gewöhnlichen Construction eines Ofens die Gleichförmigkeit der Hitze, der Höhe nach, nicht hintenansetzen, so darf diese nicht unter 10, aber auch nicht über 20 Fuß betragen.

7) Ob ein enger Schacht mehr Höhe als ein weiter, oder umgekehrt verträgt, ist durch Erfahrung noch nicht hinlänglich ausgemacht.

Digitized by Google

§. 70. 1) Die innern Wände, sowie die Feuerheerde müssen mit feuerbeständigen Steinen und fettem Lehm aufgeführt werden, weil diese nicht allein dem hohen Grade der Hitze zu widerstehen vermögen, sondern auch Nichtwärmeleiter sind.

Die Thone, welche man zur Fabrication feuerfester Steine verwenden will, werden um so strengflüssiger sein, je weniger, außer der Thonerde und Kieselerde, ihnen andere Basen, Alkalien, Eisenoxyd, Kalk, Bittererde beigemischt sind. Die Feuerbeständigkeit der reinen oder fast reinen Thonarten, die an sich schon sehr feuerfest sind, wird sich überdem noch steigern, als ihr Kieselerdegehalt zunimmt; sie erreicht ihren Höhenpunct bei denjenigen Mineralien, die, bei aller Aehnlichkeit mit dem Thone, doch wegen ihres großen Gehalts an Kieselerde aus der Gattung der Thone heraustreten, wie unter andern die Infusorienerde.

Feuerfeste Thone sollen im Gluthfeuer sich unverglasbar verhalten, aber auch nicht reißen oder springen. Es muß daher die Hauptursache des Reißens, das Schwinden, durch Zusätze entfernt oder vermindert werden. Dergleichen Zuschläge sind reiner eisen- und kalkfreier Sand, zerstoßene Scherben von feuerfestem, gebranntem Töpferzeug, wie bei den sogenannten Charmottesteinen, die jetzt an vielen Orten im Großen fabricirt werden.

Der berühmteste feuerfeste Thon ist der von Passau. Er enthält nach Salvetat:

Gebundenes Wasser	16,50
Hygrom. Wasser .	0,50
Kieselerde . . .	45,79
Thonerde	28,10
Eisenoxyd . . .	6,55
Kalk	2,00*)

Bei den Steinen ist es sehr wichtig, daß sie vor der Anwendung durch Brennen bereits den ganzen Härtegrad erlangt haben und nachträglich nicht mehr schwinden. Es kann jedoch nicht ausbleiben, daß sich die

*) Ein guter feuerfester Thon findet sich auch in der Braunkohlenformation unweit Halle.

Digitized by Google

Steine auf der Seite des Ofenschachtes durch die Einwirkung des Kalkes verglasen und nach und nach Beschädigungen in den Wänden entstehen. Ebenso verglasen sie, wo sie glühend mit Alkalien, mit Holz-, Torfasche in Berührung kommen. Daher müssen die Oefen von Zeit zu Zeit durchgesehen, die schadhaften Stellen ausgebrochen und ausgebessert werden.

Das übrige Mauerwerk kann man aus Sand- oder andern Steinen aufführen.

2) In den Kalköfen mit starker Flamme soll die ganze innere Höhe des Schachtes so sein, daß die Temperatur der Wärme an der Gicht streng genommen diejenige sei, die zum Garbrennen der daselbst geschichteten Steine unentbehrlich ist. Diese Höhe verhält sich zu dem größten Durchmesser wie 2 zu 1.

3) Dieses Verhältniß ist dasselbe bei den Oefen zum periodischen Brande mit schwacher Flamme, läßt sich aber vielfältig abändern.

4) In den ununterbrochenen Oefen, die am meisten im Gebrauche sind, ist das Verhältniß zwischen der Höhe des innern Schachtes und dessen mittlerer Weite fast dasselbe, wie bei den periodischen. Indessen ist nicht zu bezweifeln, daß es vortheilhafter sei, ihnen wenigstens den drei-, vier-, fünffachen Durchmesser zur Höhe zu geben (man sehe Fig. 40), vorausgesetzt, daß in diesem Falle die ganze Wärmeentwickelung thätig ist, die dem Feuer des Heerdes zunächststehenden Steine zu calciniren, die im obern Theile befindlichen vorzuwärmen und diese der Reihe nach dann auch gar zu brennen. Dieser Grundsatz kann gleichmäßig bei allen Arten ununterbrochener Oefen in Anwendung gebracht werden.

5) Bei den Oefen zum periodischen Brennen, soll die obere Mündung wenigstens ein Drittel des größten innern Durchmessers und die Heizmün-

Digitized by Google

dung ein Viertel desselben an Höhe und Breite betragen.

6) Die obere Mündung der Oefen zum ununterbrochenen Brande kann den fünffachen Durchmesser der untern haben, vorausgesetzt, daß die Form des Ofens die eines verkehrten abgestutzten Kegels ist, und man giebt dann der untern Weite gewöhnlich 50 Centimeter (18 Zoll) Durchmesser.

7) Die Stärke der Mauern muß sich nach der Art des Baues richten, besonders nach der Totalhöhe des Ofens. Es ist aber anzurathen, darin keine Ersparnisse suchen zu wollen, denn die Minima in der Masse der Construction geben in der Praxis selten die glänzenden Resultate, die der Calcul aufstellt. Erfahrungen müssen auch hier auf ein Vertrauen führen, was ein künstlich berechnetes Verhältniß der Mauerstärke zu irgend einem Theile der Ofenconstruction, Durchmesser, Höhe ꝛc. nie thun wird.

Durchschnittlich macht man die Mauern fünf Fuß stark. Da die Hitze einen Ofen, zumal wenn er frei steht, leicht auseinander treiben kann, so umgiebt man ihn zuweilen mit eisernen Reifen. Auch setzt man die Ausfütterung manchmal ¾ bis 1 Fuß von dem äußern Mantel ab und stößt den Zwischenraum mit Asche aus, die etwas angefeuchtet wird, damit sie sich balle. Diese Asche schafft den Vortheil, daß die Futtermauer sich ausdehnen kann und hält demnächst auch, als schlechter Wärmeleiter, die Hitze zusammen; ein Beispiel davon geben die Rüdersdorfer Oefen (§. 58).

8) Die einzige constante Dimension ist die der innern Ausfütterung, der man stets wenigstens einen Ziegel zur Stärke giebt, wenn nicht die ganze Mauerung aus feuerfesten Steinen besteht.

9) Eins der wirksamsten Mittel, die Abkühlung, welche immer von der den Ofen umgebenden Luft

herbeigeführt wird, zu verhindern, ist, den Ofen tief in die Erde zu versenken, wie bei einigen der beschriebenen Oefen zu sehen ist; oder andere Umbaue, wie Magazine und dergleichen zu errichten. Da aber dergleichen Anlagen nicht überall zulässig sind, so läßt sich der Zweck ziemlich dadurch erreichen, daß man leere Räume d', d' (Fig. 12) und d' d' (Fig. 13) in der Dicke der Mauer anbringt, die man, wie ad 7 bemerkt, mit Sand oder Asche, nach Maßgabe, wie die Mauer sich erhebt, ausfüllt.

10) Wenn die Umfassungsmauern dergestalt aufgeführt sind, und überhaupt wenn die Oefen ganz außerhalb der Erde und isolirt stehen, ist es unumgänglich nothwendig, sie durch Eisenwerk, als Anker, Schienen ꝛc., zu sichen. Diese Vorsicht ist um so dringender, als die Ausdehnung durch die Hitze stets auf Lostrennung, daher auf Einsturz hinwirkt.

11) Die Hauptdimensionen der Oefen liegen innerhalb gewisser Grenzen, die nicht leicht überschritten werden dürfen. Die Figg. 10, 15, 22 und 32 können einigermaßen zum Anhalt dienen. Die ökonomischen Principe sind die wesentlichsten Rücksichten bei dem Bau der Oefen, beziehlich auf Brennstoff und Zeit. In Betracht der verschiedenen üblichen Bauconstructionen wird diese doppelte Bedingung am besten durch die Oefen von der größtmöglichen Capacität erfüllt.

Diese Behauptung wird dadurch begründet, daß je größern Spielraum die Hitze hat, desto mehr kann sie den Nutzeffect ausdehnen, bevor sie aus dem Ofen entweicht, und daß die Seitenwände der Umfassung, die stets einen großen Theil der Hitze verschlucken, die dem Kalke verloren geht, bei einem weitern Ofen einen verhältnißmäßig kleinern Flächenraum einnehmen, als bei solchen von kleinern Dimensionen; auch

Digitized by Google

tragen große Anlagen hier, wie bei vielen andern, stets den Sieg über kleinere davon.

Dieses sind die Hauptregeln bei'm Bau von Kalköfen. Sie finden Geltung in allen vorkommenden Fällen und ergänzen, unabhängig von den besondern Bestimmungen, die einzelnen Darstellungen der Figurentafeln und das, was oben über jede Art von Oefen in'sbesondere gesagt worden ist.

Zwölftes Capitel.

Von den Brenustoffen zu dem Calciniren der Kalksteine. Wahl und Vergleichnng der verschiedeneu Brennstoffe in öconomischer Hinsicht.

Erster Abschnitt.

Von dem zum Kalkbrennen anzuwendenden Heizmaterial überhaupt.

§. 71. Wir haben bereits gesehen, daß die Brennstoffe, die man zum Calciniren verwendet, Holz, Reisig, Wellen, Torf, Stein- und Braunkohle, Koks und Holzkohle sind. Die Mehrzahl der gegebenen Resultate sind indessen nur als Andeutungen zu betrachten, da nichts unbestimmter ist, als die Verwerthung der Brennstoffe in den verschiedenen Gegenden oder Localitäten. Eben so viele Schwierigkeiten bieten sich bei Aufsuchung von Verhältnißzahlen für die

Quantitäten an Holz oder andern Brennstoffen. So wird unter andern die Holzquantität bei größern Mengen allgemein nach Klaftern angeschlagen; aber welche Verschiedenheit ist nicht unter diesen? Eben so sehr wird die genauere Vergleichung dadurch erschwert, daß man weder das Wesen, noch die Größe, noch die Form der verwendeten Scheite kennt.

Dieselbe Schwierigkeit stellt sich in noch größerem Maße bei dem kleinen Holze, als Abraum und Wellholz ꝛc., heraus. Fast allgemein, wo von der Heizung mit solchem die Rede ist, bringt man die Anzahl der Wellbündel in Rechnung, ohne die Form, Größe und den cubischen Inhalt, noch seltener das Gewicht anzugeben, so daß Alles in Frage gestellt wird.

Wir werden übrigens in dieser Beziehung in einige Details eingehen, um mehr Sicherheit in solche Angaben zu bringen.

Im Preußischen rechnet man das Scheitholz nach Haufen, zu 18 Fuß Länge, 9 Fuß Höhe und 3 Fuß Scheit- oder Klobenlänge, also zu 486 Cubikfuß gesetzt. Das gesetzlich geordnete Maß ist die Klafter, 6 Fuß rheinisch lang, 6 Fuß hoch und zu 3 Fuß Scheitlänge, d. i., zu 108 Cubikfuß aufgesetzt. Eine solche Klafter läßt sich durchschnittlich zu 72 Cubikfuß reiner Holzmasse annehmen. Der Haufen hält demnach $4\frac{1}{2}$ Klafter. In den übrigen deutschen Ländern weicht das Maß des Scheitholzes, theils den Dimensionen nach, theils wegen der verschiedenen Fußmaße so ungemein ab, daß eine weitere Bestimmung hier nicht aufgenommen werden kann.

In Frankreich soll die Klafter 8 Fuß Länge, 4 Fuß Höhe und $3\frac{1}{2}$ Fuß Scheitlänge haben, was 112 Cubikfuß beträgt. Indessen werden auch da die Holzklaftern (cordes) sehr verschieden, zu 81, 128, 140, 168 Cubikfuß ꝛc., gesetzt.

Digitized by Google

Die Abmessungen der Scheite der Länge und Dicke nach tragen nicht weniger zu der Verschiedenheit der Rechnungsresultate bei, da es sich stets um die wirkliche Holzmasse in einer Klafter handelt. Sind die Scheite geradspaltig und ungefähr 19 Zoll mittlerer Stärke so gehen auf den Stère 39 Scheite, welches eine Holzmasse von 26 Cubikfuß 9 Zoll giebt; haben sie nur 12 bis 17 Zoll Umfang oder im Mittel 14 Zoll, so hält der Stère 68 Scheite und eine absolute Holzmasse von 25 Cubikfuß 4 Zoll.

Da nun ermittelt ist, daß das Gewicht einer Fuhre (2 Stères) trocknen Eichenholzes 905 Kilogramme ist, so wird das Scheitholz von 18 bis 20 Zoll Umfang 824 Kilogramme, das von 12 bis 17 Zoll 778 Kilogramme und endlich das Holz von 6 bis 11 Zoll Umfang 533 Kilogramme wiegen.

Mehr noch als bei'm Scheitholz ist die Größe und Form der Reisigbunde verschieden. Sie können aus starken Knüppeln, aus dünnem Astholze oder endlich aus schwachem Reisig bestehen.

Eben so unsicher ist die Bestimmung in Bezug auf die Qualität und das Maß der Steinkohle, des Torfes und der Braunkohle, denn die Größe der Stücke der Kohle, die Dimensionen, die man den Torfziegeln giebt, sowie die Bereitung, der man sie bei'm Formen unterzieht, können bei gleichem Volumen sehr abweichende Resultate in dem absoluten Gewichte der Brennmaterialien geben.

Die Bestimmungen in dieser Hinsicht sind daher immer nur als Annäherungen zu betrachten. Damit sie mit der bestimmten Sicherheit aufgestellt werden könnten, müßte man die Ueberzeugung haben, daß die beziehlichen Maßbestimmungen alle gleichmäßig gemacht worden, was nicht vorausgesetzt werden kann. Es folgt daraus, daß, um verschiedene Brennstoffe nach ihrer Menge zu vergleichen, man das Gewicht

Digitized by Google

nicht als Rechnungsunterlage benutzen darf, weil das Feuer längere oder kürzere Zeit im Verhältniß der Menge der zu brennenden Stoffe dauert, wenn man auch eine Gleichheit der Austrocknung annimmt.

Demungeachtet erscheint constant, daß das Minimum des Verbrauchs der verschiedenen Arten des Brennstoffes sind:

1 Maßtheil Holz auf ein gleiches Volumen Kalk;

$1\frac{25}{100}$ Maß Torf auf dasselbe Volumen Kalk;

1 Maß (ungefähr) Steinkohle oder Koks auf 5 dergleichen Volumen Kalk, und endlich etwas weniger als

2 Maß Holzkohle auf 3 Maß Kalk.

Zweiter Abschnitt.

Von der Wahl und der Vergleichung der Brennstoffe in Bezug auf Oeconomie.

§. 72. Da die verschiedenen Brennstoffe, die man in Gewerben anwendet, bei gleicher Menge nicht dieselbe Stärke der Hitze geben, so ist die zu treffende Wahl ein wesentlicher Punct in Hinsicht auf Ersparniß.

Die Wahl hängt

1) von der Natur der Wirkung ab, die mit ihnen hervorgebracht werden soll;

2) von dem Preis des Brennstoffs im Verhältniß der Hitze, die er erzeugt, demnächst also auch

3) von der leichtern Herbeischaffung desselben ab.

Die beiden letztern Puncte können wir als Anschaffungskosten zusammenziehen.

Um eine hohe Temperatur auf größere Ausdehnung und bei einer größern Weite vom Heerde zu bewirken, muß das Holz jedem andern Brennstoff vorgezogen werden, weil es eine starke Flamme giebt, und dann scheinen die leichten Hölzer wieder die besten zu sein.

Wenn im Gegentheil die, obgleich hohe, Temperatur nur in kleiner Entfernung vom Heerde bewirkt werden soll, so leisten die Kohlen, Steinkohlen, Koks und der Torf bessere Dienste.

§. 73. Theorie des Verbrennens. Es wird zweckmäßig sein, hier etwas über den Brennproceß im Allgemeinen zu sagen, wobei wir im Allgemeinen Knapp folgen.

Die ziemlich allgemeine Vorstellung, die das Verbrennen des Holzes, der Steinkohlen ꝛc. als ein unmittelbares, directes Hinzutreten des atmosphärischen Sauerstoffs aufstellt, weicht von der Wahrheit weit ab; im Gegentheil bewirkt die Hitze des brennenden Theils (z. B. der Oberfläche eines Holzscheites) zunächst die trockene Destillation der benachbarten innern Theile, welche mit der Luft außer aller Berührung sind. Erst wenn zu diesen der Zugang geöffnet worden, werden sie dem Sauerstoff anheimfallen.

Mit einem Worte, es ist nicht eigentlich das Holz, welches wir brennen sehen, sondern es sind die Zersetzungsproducte, welche die Hitze daraus erzeugt hat, und diese vor sich gehende Zersetzung durch Hitze ist nichts anders, als ein Umsturz der (z. B. im Holze) vorhandenen Anordnung der Elemente und unmittelbar darauf folgende neue Anordnung zu Verbindungen, welche der einwirkenden Temperatur zu widerstehen und in ihr zu bestehen vermögen. Die neu entstehenden Verbindungen sind sehr mannichfal-

Digitized by Google

tiger Art und treten namentlich bei dem Proceß der trockenen Destillation deutlich hervor. Die in dem Brennmaterial vorhandenen drei Grundstoffe, Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff, treten durch Einwirkung der Hitze in eine Wechselwirkung, und namentlich entstehen durch chemische Anziehung Verbindungen der beiden andern Elemente mit dem Kohlenstoffe, während das Ueberschüssige als Gas entweicht, oder andere binäre und ternäre Verbindungen eingeht. Jemehr in einem Brennstoff der Sauerstoff zurücktritt, je mehr er Wasserstoff enthält, wie die Steinkohlen, um so überwiegender wird die Menge der Zersetzungsproducte sein, welche dieser mit dem Kohlenstoff hervorbringt. Diese, vorzüglich bei der Zersetzung der Brennstoffe im geschlossenen Raume (trockne Destillation) zu gewinnenden Producte sind Sache anderer Gewerbsbranchen, und wir berühren hier nur eine wichtige, dadurch bewirkte technische Umgestaltung der Brennmaterialien, durch welche man sich der, die Hitze absorbirenden Bestandtheile derselben zu entledigen und den Rückstand an Kohlenstoff als feste Kohle zu gewinnen sucht (die Verkohlung oder Verkokung).

§. 74. Zergliedern wir den Proceß der Verbrennung weiter, so ist zuerst zu bemerken, daß der Sauerstoff sich mit (fast) allen einfachen Körpern bald unter Feuererscheinung, bald ohne Licht- und Wärmeentwickelung verbindet; im erstern Falle pflegt man die Erscheinung Verbrennen zu nennen. Oxydirbar oder brennbar sind diejenigen Stoffe, welche sich überhaupt mit Sauerstoff verbinden können. Die meisten Körper müssen jedoch erst auf einen bestimmten Grad erwärmt werden, ehe sie zur Verbrennung gelangen; man nennt dieses im gemeinen Leben Anzünden, Anstecken. Dies ist es, was

im vorigen §. von einem Holzscheit gesagt worden, und was deutlich bei'm Anzünden einer Wachskerze vorgeht.

Bei'm Anzünden derselben erhitzt man mittelst einer Flamme den Docht, welcher etwas mit Wachs durchdrungen ist; das Wachs schmilzt, erhitzt sich bis zum Kochen und zersetzt sich dadurch, wie alle organischen Substanzen in der Hitze, in brennbare Gasarten, Kohlenwasserstoffgas, Kohlenoxydgas. Diese sind es dann, welche nach Erreichung der gehörigen Temperatur, sich mit dem Sauerstoff der umgebenden Luft verbindend, brennen. Brennen die Körper einmal, so entwickeln sie meistentheils dadurch selbst soviel Wärme, daß sich das Verbrennen fortsetzen kann.

Wird der Sauerstoffzutritt künstlich vermehrt, und findet er die gehörige Menge Gase vor, die ihn absorbiren können, so entsteht eine intensivere Licht- und Wärmeerscheinung.

§. 75. Hieraus ist auch erklärbar, warum die Hölzer ꝛc. eine so verschiedene Heizkraft besitzen. Die Hölzer enthalten nemlich mehr Wasserstoff, als zur Wasserbildung mit dem Sauerstoff erforderlich ist, einen Ueberschuß, welcher bei den einzelnen Arten sehr ungleich, im Allgemeinen aber sehr bedeutungsvoll ist.

So setzen die 44,5 Sauerstoff im Eichenholz $\frac{44,5}{8} = 5,562$ Wasserstoff voraus, um damit Wasser zu bilden*); es sind aber 6,07 Procent vorhanden, folglich 0,508 Procent mehr oder 5,08 auf

*) Das Wasser (Ḣ) besteht aus 88,9 Sauerstoff und 11,1 Wasserstoff, oder 1 Volumen Sauerstoffgas und 2 Volumen Wasserstoffgas.

Digitized by Google

1000 Theile Holz. Dieser Ueberschuß an Wasserstoff beträgt bei

Eichenholz	5,08
Eschenholz	5,05
Ahornholz	8,30
Buchenholz	6,50
Birkenholz	7,50
Ulmenholz	10,00
Pappelholz	8,20
Lindenholz	13,90
Weidenholz	7,00
Tannenholz	9,50
Fichtenholz	8,80
Kiefernholz	7,70
Lärchenholz	8,60

Bei der Erhitzung des Holzes wird dieser Wasserstoffüberschuß vorzugsweise zur Bildung von gas- und dampfförmigen Kohlenwasserstoffen, und mithin zu Hinterlassung einer geringern Menge Kohle — von der derselbe einen großen Theil mit wegführt — Veranlassung geben. Gerade diese Gase und Dämpfe sind es nun, welche mit so großer Leichtigkeit verbrennen und das bilden, was man die Flamme nennt.

Chemisch zeichnen sich also die leichten (weichen) Hölzer durch einen größern Ueberschuß an Wasserstoff aus, welcher bewirkt, daß der erste Act ihrer Verbrennung — die Flammenverbrennung — sich auf Kosten des zweiten — der Kohlenverglimmung — ausdehnt; sie werden daher im Allgemeinen viel leichter brennen, oder ihre Wärme in kürzerer Zeit entwickeln, als die harten, — was man sehr passend ihre größere Entzündlichkeit nennen kann — eine Wärmemenge, die um deßwillen an und für sich größer sein muß, weil 1 Gewichtstheil Wasserstoff gerade 3 Mal soviel Sau-

erstoff bindet (also auch 3 Mal mehr Wärme entwickelt), als 1 Gewichtstheil Kohlenstoff.

In ökonomischer Hinsicht aber wird man den harten Hölzern stets den Vorzug geben müssen, wenn es auf eine nachhaltigere, weniger intensivere Wärmeerzeugung ankommt; indem die weichen Hölzer ihre an und für sich größere Wärmemenge auf eine Weise von sich geben, welche bedeutend mehr Materialaufwand erfordert, um sie auf gleicher Temperatur zu halten; oder, da die Entwickelung zu rasch Statt findet, so entweicht immer ein großer Theil der Wärme unbenutzt (wie es bei den Stubenöfen der Fall ist), ohne der Umgebung zuzufließen.

Wo es sich aber darum handelt, eine sehr intensive Hitze zu erzeugen, wie bei den Porcellanofenfeuern, Ziegel-, Kalk- ꝛc. Oefen, giebt man den weichen Hölzern unbedingt den Vorzug. Was von den Hölzern gesagt wurde, gilt mehr oder weniger auch für die andern Brennstoffe.

Wir werden im Nachfolgenden von den Brennmaterialien im Einzelnen handeln.

Dritter Abschnitt.

Von dem verschiedenen Heizmaterial in'sbesondere.

§. 76. Von dem Holze. Von dem Holze werden Stamm, Aeste und Zweige und auch die Wurzeln zu Heizmaterial benutzt. Nicht alle diese Theile haben aber gleiche Capacität zu der Erzeugung von Wärme; in allen ist es aber die aus Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff zusammengesetzte Holzfaser und der Saft in den Gefäßen, welche der Verbrennung und Wärmeerzeugung fähig sind, wäh-

Digitized by Google

rend das Waſſer eher negativ wirkt. Daher die geringere Heizkraft des friſch gefällten Holzes.

Im Allgemeinen iſt aber der Waſſergehalt der Hölzer am höchſten in der Zeit des Safttriebs, am niedrigſten in der Stillſtandsperiode der Vegetation, aus welchem Grunde die Schlagezeit in dieſen Zeitraum geſetzt werden muß. Ferner iſt der Waſſer- und Saftgehalt anſehnlicher in dem Aſtholze, als in dem Stamme, dabei aber auch ſehr verſchieden in den Holzarten.

Es enthalten nemlich, nach Schübler und Hartig 100 Theile friſchgefällten Holzes an Waſſer:

Hainbuche (Carpin. betul.)	18,6
Saalweide (Sal. caprea)	26,0
Ahorn (Acer pseudoplatan.)	27,0
Vogelbeere (Sorbus aucupar.)	28,3
Eſche (Fraxinus excelsior)	28,7
Birke (Betula alba)	30,8
Mehlbeere (Crataeg. torminal.)	32,3
Traubeneiche (Quercus robur)	34,7
Stieleiche (Quercus pedunculata)	35,4
Weißtanne (Pinus abies dur.)	37,1
Roßkaſtanie (Aesculus hippocast.)	38,2
Kiefer (Pinus sylvestr.)	39,7
Rothbuche (Fagus sylvat.)	39,7
Erle (Betula alnus)	41,6
Ulme (Ulmus campestr.)	44,5
Rothtanne (Pinus picea dur.)	45,2
Linde (Tilia europaea)	47,1
Italieniſche Pappel (Populus dilatat.)	48,2
Espe (Populus tremula)	48,7
Lärche (Pinus larix)	48,6
Baumweide (Populus alba)	50,6
Schwarzpappel (Populus nigra)	51,8

Bei den gangbarſten Brennhölzern iſt demnach $\frac{1}{3}$ des Gewichtes bloßes Waſſer, was auch bei länge-

Digitized by Google

rer Aufbewahrung nie ganz verdunstet. Bei dem möglichen Grade der Verdunstung an der Luft nennt man das Holz lufttrocken. In diesem Zustande enthalten Brennhölzer, die 10 bis 12 Monate der Luft ausgesetzt waren, noch 20, sogar 25 Procent Wasser. Mehre Jahre altes Holz, 6 Monate noch der Zimmerwärme ausgesetzt, hielt immer noch 17 Procent Wasser, und ein 150 Jahre alter Balken in geschützten Raume hatte noch 10,5 Procent Feuchtigkeit.

Man unterscheidet sogenannte harte und weiche Hölzer. Die erstern, Eichen-, Rothbuchen-, Weißbuchen-, Birken-, Ulmen-, Erlenholz ꝛc., haben engere, dichter aneinander gedrängte Gefäße, also bei gleichem Volumen mehr feste Holzmasse, als die weichen, zu denen die Kiefer, Tanne, Fichte, Lärche, Linde, Weide, Pappel gehören.

Die Hölzer hinterlassen bei'm Verbrennen einen unverbrennlichen Rückstand, die Asche, die aus den Alkalien und Salzen der Erden besteht, welche der Vegetationsproceß dem Boden entzogen hat; sie beträgt durchschnittlich $\frac{1}{70}$, zuweilen aber bis zu $\frac{1}{30}$ des verbrannten Holzes.

Die natürliche Feuchtigkeit, so wie der in den Brennstoffen enthaltene Sauerstoff, welcher bei'm Verbrennen die Bildung von vielem Wasser verursacht, sind bei mehren technischen Operationen sehr lästig und meist ein Hinderniß, eine gewisse höhere Temperatur hervorzubringen. Man ist daher schon in frühern Zeiten auf das Mittel gefallen, durch trockene Destillation (Verkohlung) die Bestandtheile des Brennmaterials, welche die Hitze absorbiren und ihr entgegenwirken, zu entfernen. So auch bei dem Holze, und man hat durch die Holzkohle den Zweck, mit gesteigertem Hitzgrade operiren zu können, erreicht.

Digitized by Google

Die Verfahrungsarten bei'm Verkohlen des Holzes in Meilern, in Haufen, in Oefen, in Gruben, gehören nicht hierher, da die erhaltenen Kohlen bei richtigem Verfahren wenig verschieden sind.

Kohle, welche nicht bis zur Meilerkohle getrieben worden, sondern in einem unvollkommenen Zustande der Verkohlung sich befindet, heißt Rothkohle (charbon roux).

Man hat nemlich die Erfahrung gemacht, daß die Menge der brennbaren Theile für gleiches Volumen schon bei $5\frac{1}{2}$ Stunde verkohltem Holze nicht mehr zunimmt, daß weiteres Glühen einen absoluten Verlust ohne Ersatz verursacht, und daß es mithin vortheilhafter ist, die Verkohlung nach diesem Zeitraume abzubrechen. In Frankreich und Belgien hat diese Rothkohle bereits vielen Eingang gefunden.

Die Einführung der Rothkohle ist für den Staat von großer Wichtigkeit, indem dadurch ein geringerer Verbrauch des Holzes entsteht. Sie erfordert überdem nicht den Zeitaufwand bei'm Verkohlen, es entsteht weniger Abfall, sie kann daher wohlfeiler geliefert werden, als rein ausgebrannte Kohle und ist also, abgesehen von ihrer größern Heizkraft, viel ökonomischer.

§. 77. Von dem Torf (Moortorf, Sumpftorf, tourbe).

Man ist vollkommen überzeugt, daß der Torf aus abgestorbenen Pflanzenresten, welche durch die Einwirkung eines eigenthümlich beschaffenen Sumpfwassers in Humus und humussaure Verbindungen verwandelt sind, entstanden ist und fortwährend noch entsteht. Es gehört dazu eine wasserdichte Unterlage, wodurch das Wasser stagnirend erhalten wird, das Vorhandensein gewisser Sumpfpflanzen, unter andern Riedgräser (Carices), Haidekraut (Erica), Sumpfmoos (Sphagnum), Schilfe (Calamites, equisetes)

und viele andere, und man findet daher Torflager nur, wo beträchtliche Sümpfe und Moräste vorhanden sind, nicht aber als unbedingte Begleiter derselben, wo jene eigenthümliche Beschaffenheit des Wassers fehlt.

Der Torf ist eine licht- bis dunkelbraune, lokkere, kohlige Substanz, bald filzig, blätterig, faserig, bald erdig, dicht; meist aus verschiedenen Ueberresten von Pflanzen und von Erdharz durchdrungenen Thontheilen zusammengesetzt. Er brennt unter widerlichem, eigenthümlichem Geruch, mit Hinterlassung einer beträchtlichen Menge Asche, die aus Kieselerde, Thonerde, Kalk, Eisenoxyd besteht, zuweilen auch noch andere Nebenbestandtheile enthält.

Man unterscheidet vorzüglich Rasentorf oder Pechtorf und Moortorf oder bituminöse Torferde. Die erstere Art wird noch verschieden benannt, je nach ihrer Structur, als Fasertorf, auch Haidetorf, Papiertorf.

Der Torf findet sich im Alluvialboden fast aller Länder, welche bedeutendere Ebenen, sei es im Nieder- oder Hochlande, besitzen. Die Unterlagen bilden gewöhnlich Sand- oder Thonlagen oder Letten; er ist in den Torfmooren meist regelmäßig geschichtet, nicht selten in mehrern Schichten übereinander, durch Thonlagen getrennt.

Der Torf, mit meist vollkommen erhaltener Structur der Wurzeln, Stengel ꝛc., ein höchst lockeres, specifisch leichtes Gewebe, läßt sich als jüngeres Glied betrachten, welches unmerklich in den ältern Torf übergeht, worin die organische Structur entschieden untergegangen und dem Erdartigen gewichen ist; als ältestes Glied erscheint der Pechtorf.

Die Gewinnung des Torfs richtet sich nach dem örtlichen Vorkommen. Der jüngere (Rasen-) Torf wird in parallelepipeden Stücken mit Spaten gesto-

Digitized by Google

chen und an der Luft getrocknet, wobei er nicht selten auf $\frac{1}{10}$ seines Gewichtes verliert. Der ältere (Bagger-) Torf wird geschöpft (gebaggert), getrocknet und gestampft, bis er formbar wird, und dann in Ziegelform gestrichen, oder nach neuern Verfahren durch Maschinen seines Wassers durch Pressen beraubt und verdichtet.

Ein allzugroßer Wassergehalt macht oft den Torf ganz untauglich. Seine Güte wächst in einem sehr starken Verhältniß mit seiner Trockenheit, Dichte und Festigkeit oder dem Zusammenhange seiner Theile, welches durch Pressen mit zweckmäßig eingerichteten Maschinen erreicht werden kann. Ein dichter Torf umfaßt unbestritten in gleichem Volumen mehr Brennstoff, als ein lockerer.

Ein anderer Umstand kann den Torf zuweilen ebenfalls unbrauchbar machen: dieser ist ein zu großer Aschengehalt. Diese Asche besteht nicht allein aus der den Pflanzentheilen eigenthümlichen Aschenmenge, sondern auch noch aus allen den erdigen und Mineraltheilen, die sich im Torfe mit abgesetzt haben.

Versuche haben folgende Aschenmengen verschiedener Torfe in 100 Theilen derselben ergeben:

Art des Torfes.	Asche.	Beobachter
Rasentorf, braungelb	1 —1,5	Karmarsch
Pechtorf	1,2—8,0	
Junger, braunschwarz . . . bis	5,0 u. 7,0	
Erdtorf, alter	10,0	
Schwarz, dicht, von Neumünster	2,2	Suersen
Desgleichen von Sindelfingen .	7,2	Schübler
Braun, locker von Schwenningen	2,3	
Sehr alter Torf von Vulcaire bei Abbeville	5,58	

Digitized by Google

Art des Torfes.	Asche.	Beobachter
Sehr alter Torf von Long . . .	4,61	
Weniger alt von Champ de feu	5,35	
Bei Berlin, 1. Lage	9,3	
Desgleichen 2. „	10,2	Achard
Desgleichen 3. „	11,2	
Schwarz, alt, von Möglin . .	14,4	
Braun, jung, von Möglin . .	14,3	Einhof
Moor im Eichsfelde 1. Art . .	21,5	
Desgleichen 2. Art	23,0	
Desgleichen 3. Art	30,5	Buchholz
Desgleichen 4. Art	30,0	
In 41 Sorten aus d. Erzgebirge	1,0—24,0	Winkler.

Der Torf kann sonach 1 bis ¼ Procent seines Gewichtes an Asche enthalten. Ein Cubikfuß des von Karmarsch untersuchten Erdtorfs gab nahe 3 Pfund Asche.

Der Aschengehalt schadet bei'm Brande mehrfach, theils durch Verstauben, theils durch lästige Anhäufung, theils bei Schmelzprocessen durch chemische Einwirkung; abgesehen, daß sie überhaupt die Masse des Brennstoffs verringert.

Ein guter Torf giebt ebensoviel Hitze; als eine gleiche Menge trocknen Holzes.

Wenn der Torf im verschlossenen Raume verkohlt wird, so kann er so gut wie Holzkohle in Schacht- und Schmelzöfen gebraucht werden. Besonders eignet sich hierzu die aus gepreßtem Torfe erhaltene Kohle. Ein guter Torf giebt in der Regel 30 bis 50 Procent Koks.

§. 78. **Von den Steinkohlen und den Koks.** Die Steinkohlen (Schwarzkohlen) gehören den Mineralien an, deren characteristischer Bestand-

Digitized by Google

theil ein brennbarer, nicht metallischer Grundstoff ist. Sie finden sich häufiger und in größern Massen in den secundären Formationen, als in den tertiären. Bei allen Steinkohlen ohne Ausnahme ist die Structur des Holzes, die man vorwaltend bei den Braunkohlen trifft, gänzlich untergegangen; nur spärliche Reste von Abdrücken einzelner Pflanzentheile lassen auf ihren Ursprung aus Holz schließen.

Die große Verschiedenheit der Steinkohlen unter sich hat zu Unterscheidungen Veranlassung gegeben, die theils auf ihrem Alter (Vorkommen), theils ihrem Ansehen, theils auf ihrem Verhalten beruhen. Man unterscheidet nämlich folgende Varietäten:

1) Blätterkohle (Schiefer-, Schichten-, Schürbelkohle; Slate Coal, Houille schisteuse). Derb, äußerlich glas-, innerlich fettglänzend, von ausgezeichnet blätterigem, im Großen schieferigem Gefüge und unebenem — muschligem Bruch, häufig regenbogenartig angelaufen. Spec. Gew. 1,27 bis 1,34.

2) Grobkohle (Coarse-Coal, Houille grossière). Derbe, graulich- bis pechschwarze, wenig glänzende Kohle von unebenem Bruche und dickschiefriger, bisweilen grobkörniger Absonderung. Spec. Gew. 1,45 bis 1,60.

3) Kännelkohle. (Kanneelkohle; Fackelkohle; Candle-Coal). Graulich- bis sammetschwarz, matt oder schwach fettglänzend, von flachmuschligem, unebenem Bruche und grobschiefriger Absonderung.

Springt leicht in würflige Bruchstücke. Spec. Gew. 1,21 bis 1,27.

Brennt mit helllodernder Flamme und hinterläßt eine lockere Kohle.

4) Rußkohle (Löschkohle; Staubkohle; Faserkohle; Soot-Coal; Houille suligineuse). Eisen- oder graulichschwarz, matt, durch den Strich Glanz annehmend; zerreiblich, abfärbend, von erdigem Bruch,

Digitized by Google

meiſt aus lockern, ſtaubartigen Theilen beſtehend, ſeltener derb, von unebenem, feinkörnigem Bruche.

Brennt leicht. Geht bisweilen in Schieferkohle über, mit der ſie auch gewöhnlich vorkommt *).

Die nähern Beſtandtheile der Steinkohle ſind Erdharz, Kohle, etwas Eiſenoxyd, Thon- und Kieſelerde.

Die Blätterkohle beſteht, nach **Kirwan**, aus 41,3 Erdharz, 57,0 Kohle, 1,7 Aſche; die Schieferkohle von Bielſchowiz, nach **Richter**, aus 37,89 Erdharz, 58,172 Kohle und 3,937 Eiſenoxyd; die Kännelkohle, nach **Kirwan**, aus 75,20 Kohlenſtoff, 21,68 Erdharz und 3,10 Aſche.

Die hauptſächlichſten Fundorte in Deutſchland ſind: die Ruhrgegenden, Dortmund, Eſſen, Bochum; Osnabrück und Ibbenbühren in Weſtphalen, Löbejün bei Halle, Waldenburg, Beuthen, Rybnik in Schleſien; Hainichen, Potſchappel, Zwickau in Sachſen; Erlenbach, Blienſchweiler im Elſaß; beſonders reiche zwiſchen dem Hundsrück und der Hardt, dem Rhein und der Saar, in der Nähe von Saarlouis, Saarbrück, Wellesweiler. In den Niederlanden ſind die Gegenden von Lüttich, Mons und Namur; in Frankreich die Umgebung von Lyon und die Departements des Gard, der Ardeche und der Aude; in England die Diſtricte Yorkſhire, Northhumberland, Sommerſetſhire; in Schottland Dumfries und Ayrſhire; in Irland von Kilkenny und Queens-County beſonders reich an Steinkohlen.

In Rußland, Scandinavien, Italien, im Gebiete der Alpen fehlt die Schwarzkohle beinahe gänzlich. Am Schwarzwald iſt ſie ſelten und in geringer Mächtigkeit.

---

*) In England unterſcheidet man Splint- (Splitter-), Cannel- (Flamm-), Cherry- (Roth-), Cakingcoal (Backkohle).

Die am meisten verbreitete Kohle ist die Blätterkohle. Kännelkohle findet sich nur in England und Schottland; Grobkohle im Plauenschen Grunde bei Dresden, bei Neustadt am Harz, Amberg, Musbach in Baiern, Hameln im Hannöver'schen, Saberze in Oberschlesien. Die Rußkohle findet sich bald in Blätterkohle eingeschlossen, wie im Saarbrück'schen, bald macht sie beträchtliche Lager aus, wie bei Stockheim im Bamberg'schen, bei Kammerberg und Mansbach in Thüringen.

Ueberall, besonders in jüngern Flötzen, findet man Mangel an Homogenetät der Masse und einen Wechsel von kohlenstoffreicherer und ärmerer Kohle, so daß man zweierlei Vermoderungsstufen annehmen kann, von denen die erstere schwarz und pechglänzend mit muscheligem Bruch, die andere mehr matt, braun und ebenbrüchig erscheint. Beide Zustände kommen zuweilen geschichtet vor, und zwar von geringer Dicke und oft abwechselnd, bis zur Mächtigkeit mehrer Zolle, die an sich im Bruche homogen sind. Compacte Massen der pechglänzenden Kohle gehen meistens unter dem Namen Pechkohle. Die Berücksichtigung obiger Umstände ist in Bezug auf die Brauchbarkeit der Kohle von wesentlicher Wichtigkeit.

Der Aschengehalt ist durchschnittlich geringer als bei Braunkohle oder Torf, aber, schon wegen der Spalthüllungen, größer als bei Holz. Da auf ihn zuweilen bei der Verwendung Rücksicht genommen werden muß, so giebt folgende Tabelle darüber Nachweisung; sie ist für 100 Theile Kohle berechnet.

Digitized by Google

	Bezeichnung der Kohle.	Spec. Gew.	Asche.	Beobachter.
	Wylam Banks, Newcastle . .	1,302	13,912	Richardson.
	Glasgow Coalfield	1,307	1,128	
	Wigan in Lancashire . . .	1,319	2,545	
	Parrot (Papagei-) Kohle, Edinburgh	1,318	14,566	
	Jarrow, Newcastle	1,266	1,676	
	Hauptmasse d. Kohle von Glasgow	1,286	1,421	
	Garesfield bei Newcastle, tiefe Bank	1,280	1,393	
	South Hetton, Durham . .	1,274	2,519	
Secund. Formation, Kohlengebirge.	Alais, Rochelle	1,322	1,41	Regnault.
	Rive de Gièr (P. Henry)	1,315	2,96	
	Flenû von Mons . . .	1,276	2,10	
	Ebendaher	1,292	3,68	
	Cimetière, Rive de Gièr .	1,288	3,57	
	Ebendaher, do. . .	1,294	2,99	
	Canzon, do. . .	1,298	2,72	
	Ebendaher, do. . .	1,311	5,32	
	Lavayſſe	1,284	5,13	
	Epinac	1,353	2,53	
	Commentry	1,319	0,24	
	Blauzy	1,362	2,28	
	Rive de Gièr, grand Croix	1,298	1,78	
	Ebendaher	1,302	1,44	
	Anthracitartig, Lamure, Dep. de l'Iſère	1,362	4,57	
	Anthracitartig, Macot . .	1,919	26,47	
	Gewöhnlich, Obernkirchen, Lippe-Schaumb. . . .	1,279	1,0	
	Céral, Dep. Aveyron . .	1,294	11,86	
	Noroy, Vogeſen . . .	1,410	19,20	
	St. Girons	1,316	4,08	
	St. Colombe	1,305	0,89	

Digitized by Google

Bezeichnung der Kohle.	Spec. Gew.	Asche.	Beobachter.
Czernitz, Oberschlesien . . .	1,362	5,80	Karsten.
Gnade Gottes, Niederschlesien	1,285	4,65	
Glückhülf, ebendas.	1,276	0,8	
Sulzbach, Duttweiler, Saarbrücken	1,258	0,15	
Wettin, Saalkreis	1,466	24,4	
Salzer und Neuack, Westphalen	1,288	0,7	
Potschappel, Sachsen . . .	1,454	27,7	
Königin Louise, Oberschlesien .	1,280	1,2	
Königsgrube, ebendas. . . .	1,285	0,6	
Merchweiler, Saarbrücken . .	1,282	0,9	
Frischauf, Niederschlesien . .	1 518	23,4	
Hundsnaker, Westphalen . .	1,338	0,6	
Beata, Oberschlesien . . .	1,383	1,9	
Brasilien	1,483	28,4	
Grobkohle, Pechkohle eingemengt	1,48	20,9	Lampadius.
Schieferkohle do. do.	1,24	22,7	
Desgl. mit Faserkohle . . .	1,20	26,3	
Anthracitartige Kohle . . .	1,37	22,5	
Schieferkohle, mit wenig Faserkohle	1,25	20,2	
Harte Schieferkohle mit Pechkohlenlagern	1,42	24,0	
Schieferkohle mit vorwaltenden Anthracitlagern u. Faserkohle	1,35	23,4	

(Knapp's Lehrbuch der chemischen Technologie, 1. Band S. 22, 23).

Merkwürdig und bei der Anwendung vielfach störend ist der Antheil an Schwefelkies fast aller Kohlen, der mechanisch eingesprengt ist.

Mit Zunahme an Kohlenstoff wird die braune Farbe dunkler bis in's Schwarze, der Glanz tritt

Digitized by Google

mehr hervor und geht aus Pechglanz allmählig in Glasglanz über. Dagegen sind die Kohlen mit geringerem Kohlenstoffgehalt von größerer Festigkeit, als die mit höherem.

Die Anthracite, die dem Uebergangsgebirge angehören und die ältesten aller fossilen Brennstoffe sind, sind gleichsam das Endresultat oder das letzte Stadium der Kohlenvermoderung und treten durch ihr Verhalten bei'm Brennen aus der Reihe der eigentlichen Kohlen heraus. Wie die Schwarzkohle zu den Torfkohlen, so verhält sich der Anthracit zu den Steinkohlen. Man rechnet auch schon die Kohlen von Lamure und Macot (der Tabelle) zu den Anthraciten.

Die Anthracite sind von gleichartiger Masse, schwarz, von lebhaftem Glasglanz, stark farbenspielend und von muscheligem, scharfem Bruch. Das Gefüge ist massig und derb.

Während bei den Holzkohlen die Structur leicht erkennbar bleibt, verändern die Steinkohlen in der Hitze Form und Structur. Einige Arten gerathen während der Zersetzung in einen erweichten Zustand, eine Art Schmelzung, blähen sich auf und geben der Entweichung der Zersetzungsproducte Raum. Die rückständigen Kohlen, Coaks, Kohks, Koks genannt, sind blasig, mehr oder weniger dicht. Wenn man gepülverte Kohlen trocken destillirt, so backen sie zusammen und bilden ein Kohlenstück. Solche Kohlen sind reich an Wasserstoff und heißen Backkohlen. Andere Arten hinterlassen Koks von der primitiven Form, ohne zusammenzubacken. Gepülvert geben sie auch pulverigen Kok. Man nennt sie Sandkohlen; sie sind die kohlenstoffreichsten.

Zwischen beiden liegt die Sinterkohle. Bei ihnen haften die einzelnen Kohlenstückchen zwar aneinander, an den Koks ist aber eine eigentliche

Schmelzung nicht sichtbar. Die Operation der Verkohlung der Steinkohlen unter Abschluß der Luft heißt Verkokung, oder, weil dabei zugleich der schädliche Schwefelgehalt ausgetrieben wird, Abschwefeln.

Am besten wählt man Backkohlen, die sich den Sinterkohlen nähern, zur Koksbereitung.

Die älteste, noch immer sehr gebräuchliche Methode der Verkokung ist die in Meilern oder Haufen; neuere in Oefen mit Luftzutritt. Beabsichtigt man aber die Gasgewinnung als Hauptzweck, so geschieht die Zersetzung in eisernen oder thönernen geschlossenen Retorten.

Die gewerbliche Praxis stellt an die Koks zwei Hauptforderungen, nämlich eine compacte Beschaffenheit (sie dürfen keinen Gruß oder Lösche bilden) und zweitens eine gewisse Festigkeit (damit sie von dem Druck z. B. in Hohöfen, Kalköfen ꝛc. nicht zermalmt werden).

Die Menge an Koks, welche die verschiedenen Steinkohlensorten liefern, ist sehr verschieden; die Blätterkohle von Eschweiler bei Aachen liefert 81,06 einer aufgeblähten lockern Backkoke; die Blätterkohle von Essen und Werdern in Westphalen 79,69 % dergleichen; die Blätterkohle von Newcastle in England hinterläßt 68,68 einer wenig lockern Koke; die Schieferkohle von Saarbrück 66,05 dergleichen; die Kännelkohle von England 51,32 einer sehr aufgeblähten Backkoke; die dichte Schieferkohle von Beethen in Oberschlesien 67,39 einer festen Sinterkoke.

Für Schmiedeessen sind im Allgemeinen die besten Steinkohlen diejenigen, welche am meisten Kohlenstoff enthalten, ohne große Flamme brennen und eine lockere Kohle liefern. Bei allen Heizungen mit Flammenfeuer dagegen sind wasserstoffreiche und kohlenstoffärmere Kohlen vorzuziehen; hier passen also vorzugsweise die sogenannten Sandkohlen.

Digitized by Google

Im Allgemeinen kann man annehmen, daß 100 Pfund Steinkohlen so viel Wärme entwickeln, als 230 Pfund lufttrocknes Holz; mit Sicherheit läßt sich über die Heizkraft nur durch Versuche im Großen entscheiden.

§. 79. **Ueber Braunkohlen und deren Verwendung.** Die Braunkohle ist ein in Alluvial-Formationen in großer Verbreitung vorhandenes Fossil. Sie sind ohne Zweifel neptunische Gebilde und verdanken ihre Entstehung Bäumen, welche, durch Fluthen verschüttet, dann unter Einwirkung von Feuchtigkeit einem langsamen und allmähligen Macerationsprocesse unterlagen. Die sogenannte Glanzkohle, so wie das sich häufig vorfindende verkohlte Holz beweis't aber auch, daß die Maceration zuweilen bei erhöhter Temperatur Statt gefunden hat, welche theils durch Erdbrände, theils durch Basaltdurchbrüche oder Zersetzung von Schwefelkiesen unter Zutritt von atmosphärischer Luft und Wasser hervorgebracht worden ist. Bei den Braunkohlen in Böhmen waren sowohl Erdbrände und Schwefelkiese, als auch Basalte thätig, bei der Kohlenformation am Westerwalde und Meißner Basaltdurchbrüche. Am Meißner zeigt die gesammte Formation dies sehr deutlich. In der Mark Brandenburg verdankt die Bildung keiner erhöhten Temperatur ihre Entstehung, sondern nur der Einwirkung des Wassers. Diese Braunkohlenformation erstreckt sich wahrscheinlich über ganz Preußen, Polen, die russischen Ostseeprovinzen und scheint auch noch einen großen Theil des Ostseebettes zu bilden. Beweise sind die bereits aufgeschlossenen Lager, die häufig vorkommenden Eisensäuerlinge und der in großen Massen vorkommende Bernstein. Der Richtung der niedergelegten Baumstämme nach muß die Fluth, welche sie umstürzte, aus Südost gekommen sein. Die bedeutendsten La-

gerstätten finden sich in dem sogenannten Braunkohlensandstein.

1) Pechkohle (Pechsteinkohle, Gagat, Pitch- (Pech-) coal, Jayet oder Jais). Graulich-pechschwarz bis sammetschwarz, derb, dicht, stark fettglänzend, undurchsichtig. Bruch großmuschelig. Selten mit deutlicher Holzstructur. Spec. Gew. 1,29 bis 1,35.

Bestandtheile der Pechkohle vom Meißner, nach Kühnert, 56,60 Kohlenstoff, 4,75 Wasserstoff, 27,15 Sauerstoff, 9,07 Wasser, 2,43 Asche.

Verbrennt, ohne aufzuschäumen oder zu zerfließen, mit Hinterlassung von wenig Asche.

Diese Kohle steht in Beziehung auf Härte, Farbe, spec. Gew., der Schwarzkohle, namentlich der Kännelkohle, sehr nahe, unterscheidet sich jedoch durch ihren geringeren Gehalt an Bitumen, durch stärkern Glanz und besonders durch ihr Vorkommen in jüngeren Flötzgebirgen hinlänglich von derselben.

2) Gemeine Braunkohle (Crown-coal, Houille-brune). Bräunlichschwarze, seltener sammetschwarze Kohle von schieferiger Absonderung und mehr oder weniger deutlicher Holzstructur. Aeußerlich matt oder schimmernd, im Bruch stark fettglänzend und flachmuschelig; brennt mit ziemlich heller Flamme, meist unter widerlichem Geruch. Schließt zuweilen Ueberreste von Vegetabilien ein. Die gemeine Braunkohle von Uttweiler besteht, nach Karsten, abgesehen von der Asche, aus 77,879 Kohlenstoff, 2,571 Wasserstoff und 19,550 Sauerstoff.

3) Schieferige Braunkohle (Lettenkohle, thonige Braunkohle). Graulich bis bläulichschwarz, seltener sammetschwarz, derb, von schieferiger Absonderung; Bruch matt oder schimmernd; Strich glänzend. Fühlt sich fett und etwas kalt an.

Digitized by Google

Spec. Gew. 1,4 und mehr. Brennt mit ziemlich heller Flamme, oder verglüht ruhig unter Hinterlassung eines blätterigen Thongerippes.

4) Moorkohle (Moorbraunkohle, trapezoidale Braunkohle, Moor-coal, Houille limoneuse). Schwärzlichbraun bis pechschwarz, derb, plattenförmig oder in geborstenen trapezoidalen Massen. Bruch flachmuschelig oder eben, schimmernd bis fettglänzend, unter dem Strich stärker glänzend. Spec. Gew. 1,2 bis 1,3.

5) Bituminöses Holz (holzförmige oder faserige Braunkohle, Faserkohle, Bastkohle). Rothbraun, holzbraun, in's Grauliche und Schwärzliche, deutlich faseriges Holzgefüge und Holzgestalt; meist plattgedrückte Stamm- und Wurzelstücke, mit deutlichen Jahresringen, matt oder wenig glänzend, von faserigem, selten muscheligem Bruch, oder Rindenstücke von lang- und zartfaserigem, bastartigem Gewebe (Bastkohle). In manchen, wie in den Wimmelburger und Riestädter Gruben bei Eisleben, kommen meistens ganze Stammstücke mit vollkommener Holzstructur vor, die wie Holz zerkleint werden.

Das bituminöse Holz von den Roddengruben enthält, nach Karsten, ohne Asche, in 100 Theilen 64,10 Kohlenstoff, 5,03 Wasserstoff und 30,87 Sauerstoff.

6) Die Nadelkohle (Lignite baccillaire). Graulich bis bräunlichschwarze, aus nadelähnlichen Fasern (verkohlten Gefäßbündeln von Palmstämmen und dergl.) zusammengesetzte, elastisch-biegsame Braunkohle von muscheligem Bruche; äußerlich matt-, innen fettglänzend.

7) Die Papierkohle. Schwärzlich-braune, aus papierdicken Blättern bestehende Braunkohle von ebenem Bruch; matt, sehr weich; meist voller Blätterabdrücke.

Digitized by Google

8) Die Stinkkohle (Disodil), eine von Erdharz durchdrungene Papierkohle, leberbraun, grünlich bis gelblichgrau, undurchsichtig, weich, matt. Spec. Gew. 1,14 bis 1,25. Brennt mit lebhafter Flamme unter knoblauchartigem Geruch und hinterläßt eine weiße, blätterige Thonerde.

9) Die Erdkohle (erdige Braunkohle, bituminöse Holzerde, Earth-Coal, Lignite terreux). Lichtbraun bis schwarzbraun, derb, matt, erdig im Bruch, abfärbend, zerreiblich; ist eine zersetzte Braunkohle.

In Deutschland sind die Umgebungen von Cassel, Artern und Merseburg, Halle, Mansfeld, Riestädt, Colditz, Borna in Sachsen, Zittau, Muskau in der Lausitz, das Rheinthal zwischen Köln und Bonn, der Westerwald, im Elsaß die Umgebungen von Lobsann, Ilsurt, Buxweiler u. a. sehr reich an Braunkohlen. Im Allgemeinen sind sie im secundären sowohl, als im tertiären Flötzgebirge sehr verbreitet, am häufigsten finden sie sich in der Molasse (Schichten zwischen der Formation der Kreide und dem älteren Schwemmlande), in dem Braunkohlensandstein.

Die Pechkohle kommt häufig in Nestern, theils mit anderen Braunkohlen vor, wie am Meißner in Kurhessen (in der Nähe des Basalts), theils einzeln für sich in der Keuper- und Liasformation, so bei Einsiedel, Löwenstein, Weil, Eßlingen, Denkendorf in Württemberg; in der Schweiz bei Zürich, in Tyrol bei Häring, in Baiern bei Miesbach, Hirschau, Spensberg, in Frankreich, Spanien, England ꝛc.

Das bituminöse Holz trifft man besonders ausgezeichnet durch Begleitung wohl erhaltener Pflanzen- und Thierüberreste, Tannenzapfen, Früchte, Käfer und dergl. bei Glücksbrunn im Gothaischen, bei Artern (Castädt, dem einzigen Fundorte des Honigsteins),

und Kaltennordheim im Eisenach'schen, am Westerwald, in der Wetterau ꝛc.

Die schiefrige Braunkohle oder Lettenkohle findet sich ausschließlich im mittleren Flötzgebirge, zwischen der Keuper- und Muschelkalkformation und macht das Liegende des Keupers aus; bei Löwenstein und Westernach in Württemberg, bei Mühlberg unweit Arnstadt, bei Mattstedt im Weimarischen und einigen andern Gegenden Thüringens und Frankens.

Die Moorkohle kommt am Westerwald, bei Käpfnach im Canton Zürich, bei Hirschberg in Kurhessen, in Oesterreich, Böhmen, Mähren ꝛc. in ziemlicher Verbreitung vor.

Die Nadelkohle findet man zu Lobsann im Elsaß, mit gemeiner Braunkohle; die Papierkohle bei Colditz in Sachsen, im aufgeschwemmten Lande; die Stinkkohle bei Melili auf Sicilien uud in der Auvergne; die Erdkohle am Meißner in Hessen, bei Halle, Merseburg, Leipzig, Artern in Thüringen ꝛc. theils im aufgeschwemmten Lande, theils im Trappgebirge.

Die gemeine Braunkohle und das bituminöse Holz sind als Heizmaterial den übrigen Arten vorzuziehen.

Braunkohlen, die einen höheren Grad von Zersetzung erlitten haben und in erdigem Zustande gegraben werden, streicht man, wie bekannt, in Ziegelform mit Wasser, theils ohne, theils mit Maschinen.

Außer der Holzsubstanz enthalten die Braunkohlenlager mehr oder weniger eine braune extractartige, dem Humus ähnliche Masse, Eisenvitriol, Bittersalz, Alaun, selten Schwefelblei; sehr viel Schwefeleisen, Glaubersalz, schwefelsauren Kalk, Manganoxyd, Kochsalz, phosphorsauren Kalk, wenig Kali, Retinit, Bergtalg oder Wachs, Bernstein, Asphalt und Honigstein, welches auf den Gebrauch derselben

Digitized by Google

entschiedenen Einfluß hat. Der Kohlenstoffgehalt der Kohlen wechselt zwischen 60 bis 75 %, während bei Steinkohlen sich 74 bis 94 % vorfindet.

Die beste Braunkohle entwickelt bei gleicher Gewichtsmenge etwa so viel Hitze als eine geringe Steinkohle, deren beste Qualität gegen 21 bis 22 % höheren Werth als Brennmaterial hat.

Man hat Versuche gemacht, Koks aus Braunkohlen zu brennen und immer ein günstiges Resultat erhalten, wenn die Verkokung in nicht zu großen, dicht gedeckten Meilern Statt fand. Das Product ist keine so poröse schwammige Masse, wie bei den Steinkohlen, sondern eine compacte, öfters sehr zerklüftete und bröckliche Kohle.

Die Kohlen unter 1—3 können meistens ohne weitere Vorbereitung gebrannt werden; bei der Kohle 4 ist dagegen, wie gesagt, die Formung in Ziegeln nöthig, welches bekanntlich auf den Torfstreichereien geschieht. Je mehr Holztheile und je weniger Thon und Lehm sich in einer Kohle befinden, desto größern Werth hat sie als Brennmaterial; sie entbehrt dann aber auch mehr oder weniger des Bindemittels, welches sie zum Formen geschickt macht. Man hat daher durch Zusatz von Lehmwasser und kleingeschnittenem Stroh diesen Mangel zu ersetzen versucht und ziemlich günstige Resultate erlangt. Vortheilhafter möchte aber die Mischung mit einer gröbern, mehr plastischen Kohle im Verhältniß wie 1:2 oder 1:3 sein; die Kohlenmassen werden überhaupt für den Verkauf mannichfach gemischt.

Sehr vortheilhaft ist das Pressen der Erdkohle mittelst Maschinen, wie die von Milch, von Schmahl u. A. angegebenen, wodurch zugleich ein großer Theil des, bis 60 % betragenden, Wassergehalts entfernt wird, der sich in gestrichenen Ziegeln nur nach langer

Zeit verliert und auf die Heizung nachtheiligen Einfluß hat.

Ueber zweckmäßige Einrichtung von Torffeuerungen giebt vorzüglich Peclet*) die genügendste Anweisung.

Vierter Abschnitt.

Ueber die Heizkraft der Brennmaterialien.

§. 80. Um den Werth und die Leistung der Brennstoffe in ein Verhältniß stellen zu können, muß man den theoretischen Effect derselben ermitteln. Hierzu gehört die Kenntniß der Wärmemenge in Bezug auf eine bestimmte Quantität Brennstoff und die dazu erforderliche Zeit; diese zusammengefaßten Bedingungen nennt man Heizkraft. Der Brennwerth ist dieses Vermögen auf die pecuniäre Anschaffung bezogen.

Die Wärmemenge läßt sich absolut nicht messen; es genügt dagegen der gewerblichen Praxis die Kenntniß der relativen Wärmemengen, um wie viel nämlich die des reinen Brennstoffs die des andern übersteigt.

Wir erwähnen nur geschichtlich die Untersuchungen von Lavoisier, Laplace, Desprez, Rumford, Clement, Deformes und die neuern von

*) Grundsätze der Feuerungskunde ꝛc. Weimar, Voigt (142. Band des Schauplatzes der Künste und Handwerke).

de la Prevotage, Desain und Regnault, Welter u. A.

Welter stellte die noch unerwiesene Behauptung auf, daß der zur Verbrennung eines Körpers erforderliche Sauerstoff in demselben Verhältniß stehen müsse, wie die durch ihn entwickelten Wärmemengen, daher zum Maßstab der Heizkraft angenommen werden könne.

Die darauf basirten Elementaranalysen der Brennstoffe lassen sich immer als eben so viel Heizkraftbestimmungen betrachten und sind in nachfolgenden Tabellen zusammengestellt, wie sie theils von Berthier, Winkler, Karmarsch u. A. gemacht wurden.

Namen derselben.		Gewöhnl. trocken. Berthier: Erwärmt von 0°—100° Gewichtstheile Wasser	Mit 9 % Wassergeh. Winkler: Erwärmt von 0°—100° Gewichtstheile Wasser	Vollkommen ausgetrocknet. Schoedler und Petersen: Bedarf z. vollständ. Verbrennung Gewth. Sauerstoff	Erwärmt daher von 0° bis 100° Gewth. Wasser	Bedarf zur vollständigen Verbrennung Luft von 19° C. Gramme	Cub.-Met.
1 Gewichtth.	Eichenholz	28,3	31,82	1,358	39,82	7834	3,492
„	Eschenholz		33,89	1,356	39,76	2826	3,482
„	Ahornholz	29,7	32,07	1,394	40,85	2907	3,348
„	Buchenholz	31,0	31,71	1,346	39,44	2810	3,452
„	Birkenholz	31,7	31,90	1,356	39,73	2826	3,456
„	Ulmenholz		32,84	1,418	41,55	2956	3,640
„	Pappelholz		29,54	1,390	40,72	2897	3,562
„	Lindenholz		32,80	1,429	41,87	2980	3,666
„	Weidenholz		29,67	1,352	39,61	2819	3,468
„	Tannenholz	32,8	31,39	1,408	41,25	2936	3,616
„	Fichtenholz	31,0	31,44	1,492	40,82	2907	3,570
„	Kiefernholz		30,06	1,393	40,85	2907	3,572
„	Hainbuchenholz	28,3					
„	Erlenholz	31,0					
„	Lerchenholz			1,408	41,25	2936	3,616

2. Holzkohlen.

1 Th. käufl. Pappelkohle, Ahornkohle, Eschenkohle, Espenkohle } erwärmen Wasser von 0° bis 100° C. nach Berthier durchschnittl. 68 Gewichtstheile nach Winkler durchschn. 75,7 Gewth.

sogleich nach dem Ziehen verschlossen aufbewahrte: Tannenkohle, Erlenkohle, Birkenkohle, Eichenkohle } nach Berthier durchschn. 72 Theile, nach Winkler durchschn. 75,7 Theile.

Obige Kohlenarten bedürfen zur vollkommenen Verbrennung 293,5 Cub.-Fuß Luft von 19° C. im Durchschnitt.

3. Torfarten.

Fundort.	Erhitzt Gewth. Wasser auf 100° C.	Nach den Versuchen von
1 Gewth. von Troyes	18,1	
" " Ham, Dep. Somme	27,9	
" " Vassy, Dep. Marne	29,2	Berthier.
" " Framont, D. des Vosges	34,9	
" " Ischour, Dep. des Landes	34,6	
" " Königsbrunn, Württemb.	32,4	
" Unter 24 Sorten aus dem Erzgebirge die geringste	26,9	Winkler.
" " die beste	42,6	
" von Allen in Irland, oberer	62,7	
" " " " unterer	56,6	Griffith.
" " " gepreßter Torf	28,0	

Digitized by Google

Bei einer Untersuchung von mehr als 100 hannöverschen Torfsorten fand Karmarsch folgende Mittelwerthe, die sich, wie es scheint, nach dem Alter bestimmen,

junger Torf und zwar:

a) gelber Rasentorf verdampfte pr. Pfund . . 1,78 Pfd. Wasser

b) brauner u. schwarzer 2,03 „ „

alter Torf und zwar:

a) Erdtorf . . 1,98 „ „

b) Pechtorf . . 2,08 „ „

Ueberhaupt schwankte die von einem Pfund Torf verdampfte Wassermenge von 49 Loth (bei'm geringsten) bis zu 73,5 Loth (bei'm besten).

4. Torfkohlen.

Ursprung.	Erwärmt Wasser auf 100° C.		Nach Versuchen von
1 Gewth. von Crouy für Ourcq, Dep. Seine u. Marne	40,1	Gewth.	Berthier.
„ von Ham	41,7	„	
„ von Essonne, in Paris häufig consumirt	50,7	„	
„ von Framont und Torf von Champ du Feu	58,9	„	

5. Braunkohlen.

Fundorte.	Erwärmt Wasser auf 100° C.	Nach den Versuchen v. Berthier.
1 Gewth. Gemeinde Dauphin, basses Alpes	57,3	Berthier.
„ St. Martin de Vaud, Canton Waadt	51,2	
„ Minerme, Dep. de l'Aube	51,6	
„ Gardanne, Bouches du Rhone	49,8	

Digitized by Google

Fundorte.		Erwärmt Wasser auf 100° C.	Nach den Versuchen von
"	Juveau	47,6	Berthier.
"	Enfant Dort . . .	47,6	
"	Koep Fuarch, Zürcher See	46,9	
"	erd. Braunkohle, ständl. Meißner	58,9	
"	Pechkohle von da . .	46,6	Kühnert.
"	dieselbe, Ringkuhl . .	49,5	
"	Habichtswald . . .	46,9	
"	Glanzkohle, Ringkuhl .	56,5	
"	Pechkohlenartig, Habichtswald	43,6	
"	unterste Schicht, Ringkuhl	43,6	
"	mittlere " "	43,9	
"	Stillberger . . .	41,3	
"	Lichnit vom Meißner .	43,1	
"	von Laubach . . .	51,3	
"	St. Lou, basses Pyrénées	46,0	Berthier.
"	Val Pineau, Dep. Sarthe	43,6	
"	gewöhnliche deutsche .	41,7	
"	Edon, Dep. de la Charente	38,5	
"	Alpheus, Griechenland .	36,9	
"	Triphillis . . .	36,9	
"	Kumi	38,8	
"	Ellbogen, Böhmen . .	41,2	
"	erd. Kohle von Dar . .	62,6	Varrentrapp. Regnault.
"	" " " Bouches du Rhone	55,3	
"	Niederalpen . . .	48,9	
"	Griechenland . . .	52,3	
"	Köln	53,4	
"	Usnach	46,6	
"	Helmstädt, Grube Prz. Wilhelm	59,1	
"	daselbst, andere Grube .	63,9	
"	Schöningen, Grube Treue	54,9	
"	daselbst, andere Grube .	54,5	

Digitized by Google

6. Steinkohlen.

Art und Fundorte der Kohle.	Erwärmt Gewichtth. Wasser auf 100° C. Gewichttheile	Nach den Versuchen von
a) Backkohlen.		
Gewth. v. Dowlais in Wallis	72,0	Berthier.
„ Glamorgan . .	70,7	
„ Eschweiler bei Aachen	70,2	
„ Lippe-Schaumburg	70,0	
„ Newcastle . .	70,0	
„ Carmeau bei Alby	68,2	
„ Rive de Gier grand croix . . .	67,0	
„ Mons, Bouleau-Fontaine-Madame .	65,7	
„ Cannelcoal, Vigan	64,1	
„ Mons, Grand, Caillet	63,6	
„ Rochebelle bei Alais	62,5	
„ Mons, Grube nouv. Alliance . .	62,1	
„ Bonchamp, Haute Saône . .	61,8	
„ Bessège, Aveyron	61,1	
„ St. Pierre la Cour, bei Mayenne .	61,1	
„ Epinac, Saône u. Loire	60,7	
„ aus Oviedo in Asturien	59,1	
„ Treuil, Grube bei St. Etienne . .	57,5	
„ Bellestat, Aude, sogen. Jayet . . .	55,2	
„ Jayet (unbek. Fundort)	52,8	

Digitized by Google

Art und Fundorte der Kohle.	Erwärmt Gewichtsth. Wasser auf 100° C.	Nach den Versuchen von
b) Sinterkohlen.		
1 Gewth. Cherrycoal, Derbyshire	61,6	Berthier.
„ weiche Kohle .	59,5	
„ Oviedo in Asturien	59,1	
„ Cannelcoal von Glasgow . . .	56,4	
„ St. Georges de Lavencas, Aveyron .	54,5	
„ Cannelcoal von Lancashire . .	53,2	
„ Ombrowa, Schlesien	48,0	
„ Salin, Jura .	47,5	
„ Vazas, Slavonien	43,9	
c) Sandkohlen.		
„ Durham . .	71,6	
„ Rolduc bei Aachen	70,2	
„ Zinsweiler bei Offenberg . . .	50,3	

7. Koks.

Art derselben.	Erwärmt Wasser auf 100° C. Gewichtstheile	Nach den Versuchen von
1 Gewth. à la Garre aus Kohle von St. Etienne	65,6	Berthier.
„ aus Kohlen von Besseges . . .	64,3	
„ aus Kohlen von Rive de Gier . .	58,9	
„ Gaskohle von Paris	50,3	

8. Anthracite.

Fundort.	Erwärmt Wasser auf 100° C. Gewichttheile	Nach den Versuchen von
1 Gewth. v. Lamure b. Grenoble	71,5	Berthier.
" von Pennsylvanien	69,1	
" v. Laval la Chaumière	74,7	
" v. Laval la Baconière	60,2	
" von Corbattière in Savoyen . .	60,5	

Zur Verbrennung erfordert außerdem 1 Pfund Torf 70 bis 134 Cubikfuß Luft von 19° C., bei mittleren Sorten 149 Cubikfuß; 1 Pfund Torfkohle 155 bis 228 Cubikfuß; 1 Pfund Braunkohle 160 bis 248 Cubikfuß; 1 Pfund Steinkohlen bei mittlerer Güte 228 Cubikfuß, nach Richardson 248 bis 303 Cubikfuß, nach Regnault für die des Kohlengebirges 320 bis 332 Cubikfuß, der secundären Formation 293 bis 326 Cubikfuß; 1 Pfund Koks 194 bis 250 Cubikfuß; 1 Pfd. Anthracit nach Regnault 312 Cubikfuß. Bei der angegebenen Bestimmung wiegt 1 Cubikfuß Luft 0,03794 Pfd.

Die angegebenen Verhältnißzahlen der Wärmemengen scheinen mit den Erfahrungen des täglichen Lebens nicht zu stimmen. Während man z. B. aus harten Hölzern in den meisten Fällen mehr Wärme erhält, stellen die aus den Versuchen abgeleiteten das Lindenholz an die Spitze, und überhaupt die weichen Hölzer höher, was dem verschiedenen Ueberschuß an Wasserstoff zugeschrieben werden muß, wie bereits §. 76 erläutert worden.

Die Kalkbrenner drücken sich in ihrer empirischen Anschauung in diesem Bezug aus: daß der Ofen um so weniger Holz frißt, je mehr dasselbe Flamme giebt, und suchen deßhalb mit Recht auch

eine besondere Geschicklichkeit bei der Führung des Feuers darin, daß sie die Flamme nach Möglichkeit hell machen; außer der besondern Auswahl des Holzes, auch die Scheite klein spalten und nach Vortheil auf dem Herde schichten.

Dreizehntes Capitel.

Von dem Kalk nach der Calcination.

Erster Abschnitt.

Von dem Verhalten eines gutgebrannten Kalks.

§. 81. Der lebendige (frischgebrannte, Aetz-) Kalk zeigt je nach der Zusammensetzung der verwendeten rohen Kalksteine ein verschiedenes Verhalten gegen Wasser. Je reiner (fetter) er ist, wie der aus Marmor, Kalkspath und gewissen andern Kalksteinen gebrannte, destomehr und schneller wird er sich bei'm Zutritt von Wasser erhitzen, selbst bis zum Hellrothglühen der Masse. Er vergrößert dabei sein Volumen bedeutend (er geht auf, gedeiht, nach der Kunstsprache); berstet unter knisterndem Geräusch und entbindet heiße, ätzende Dämpfe. Unter den andern Kalkarten braucht er am meisten Wasser, um zu Kalkbrei zu löschen.

Der aus unreinern Steinen gebrannte Kalk erfordert weniger Wasser, geht weniger auf, fühlt sich

körnig an. Seine Tauglichkeit ist dadurch nicht geringer, nur erfordert er eine, dem fetten Kalk verschiedene Behandlung bei der Bereitung des Mörtels; unter Umständen giebt er hydraulischen Kalk.

Wenn ein, auch ziemlich reiner, Kalk bei'm Brennen nicht die vollkommene Gare erhalten hat, verfällt er der Kategorie der magern Kalke.

Ein dem hydraulischen Kalk zugehöriger Kalk (der zwischen 8—25 % Kiesel- und Thonerde ꝛc. enthält) geht, mit Wasser befeuchtet, nicht auf, verschluckt aber gepülvert das Wasser, ohne bedeutend sein Volumen zu vergrößern und ohne Wärmeentwicklung; giebt einen kurzen (magern, unfetten) Teig.

Der unvollkommen gebrannte Kalk zeigt bei'm Löschen harte Körper, auf welche das Wasser nicht lösend wirkt. Sie können theils aus fremdartigen Steinen bestehen, theils ihre Entstehung dem zu geringen Hitzgrad, der sie getroffen hat, theils auch einem zu hohen Hitzgrad zugeschrieben werden. Im ersten Falle sind sie noch kohlensaurer Kalk, im zweiten an der Oberfläche verglaset, wodurch die Kohlensäure ebenfalls nicht entweichen konnte, und werden — wie bereits gesagt — Biscuits genannt. Zuweilen befinden sich in dem rohen Kalksteine auch Adern fremdartigen Gesteins eingezogen, die bei'm Löschen ebenfalls ganz bleiben. Die Franzosen nennen sie durillons.

Ist der Kalk überbrannt, d. h. mit zu starkem, anhaltendem Feuer gebrannt, so wird er träg und verhält sich mehre Stunden, oft Tage, unzergangen im Löschwasser.

Mehres hierher Beziehliche wird in dem Artikel „vom Löschen" besprochen werden.

Digitized by Google

Zweiter Abschnitt.

Von der Volumverminderung der Kalksteine nach dem Brennen.

§. 82. Der Kalkstein verliert nach seiner vollständigen Calcination ungefähr 0,45 seines ursprünglichen Gewichts durch die Verdampfung des beiwohnenden Wassers und der Kohlensäure.

Die Verminderung des Volumens ist weniger groß als die des Gewichts; übrigens ist sie je nach der besondern und ungemein verschiedenen natürlichen Beschaffenheit der Steine sehr veränderlich. Im Allgemeinen schätzt man die Verminderung zwischen 0,1 und 0,2 des ursprünglichen Volumens; jedoch kann diese Schätzung nur annähernd sein, denn sobald der Kalkstein sich während des Brennens zerbröckelt, wird ein Gemäß eine geringere Quantität fassen, als bei größeren Brocken; denn bekanntlich besitzt ein stetiger Körper mehr Masse, als die in dieselben Grenzen eingeschlossenen zerkleinten Theile (Körner), indem dann Zwischenräume einen großen Theil des Massigen einnehmen.

Dritter Abschnitt

Von dem Gewicht des gebrannten Kalks, mit dem kohlensauren, ungebrannten Kalk verglichen.

§. 83. Versuche, welche von dem Oberbaudepartement in Berlin gemacht wurden, ergaben, daß bei'm Brande mit Holz 1066 Ctr. (54845 Kilogr.) roher Kalkstein aus den Rüdersdorfer Brüchen nach dem Brennen noch 598 Ctr. 74 Pfd. (30801 Kilogr.)

Digitized by Google

wogen, mithin der Kalk beinahe $\frac{2}{3}$ an Schwere verloren hatte.

Bei einem zweiten Versuche mit Steinkohlenfeuer wurden eingesetzt 969 Ctr. 49,854 Kilogr.) roher Kalksteine; sie wogen nach dem Brennen 539 Ctr. 30 Pfund (27,829 Kilogr.), hatten mithin $\frac{7}{10}$ ihrer Schwere verloren.

Im Allgemeinen verlieren 100 Theile reiner, trockner, kohlensaurer Kalk 44 Gewichtstheile Kohlensäure bei'm Brennen und geben 56 Gewichtstheile Aetzkalk. In der Praxis ist aber die Ausbeute weit geringer, wenn der Kalk sehr feucht ist, größer, wenn er viel thonige Theile enthält. Die Grenzen der Ausbeute lassen sich daher 45 bis 77 %, und für gewöhnlich auf 54 % setzen. Ein Versuch mit Rodheimer Kalk gab von 100 Pfund rohen Steinen 60 Pfund Aetzkalk, also $\frac{2}{5}$ % Verlust.

Das specifische Gewicht des Kalksteins vermindert sich um $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ bei'm Brennen, wobei sich die Abnahme des Volumens auf 10 bis 20 % beläuft.

Verschiedene, von Donnop, Debline, Eitelwein u. A. mitgetheilte Versuche bestätigen diese Behauptung und beweisen in der That, daß merkliche Verschiedenheiten in dem gebrannten Kalke Statt finden können, je nachdem der Brand durch Holzkohlen oder Torf Statt gefunden hat. Die Herren Donnop und Deblinne sprechen sich gegen die Société d'Encouragement folgendermaßen darüber aus:

„Wir haben uns seit längerer Zeit beschäftigt, die verschiedenen gebrannten Kalksteine untereinander zu vergleichen, die bei den öffentlichen Arbeiten und in den Gewerben, als von den Gerbern, Färbern und Seifensiedern u. A. verwendet werden.

Zu diesem Zweck haben wir Kalksteine aus verschiedenen Brüchen genommen, sie calciniren lassen, und zwar theils mit Holz, theils mit Torf, theils mit Erdkohle.

1) Der mit Holz gebrannte Kalk war im Allgemeinen weißer oder minder gefärbt, als der mit Torf oder Erdkohle gebrannte.

Digitized by Google

2) Die nämlichen, mit Torf gebrannten Kalke schlagen sich im Allgemeinen weit schneller nieder, als wenn sie mit Holz gebrannt waren, sobald man ein gleiches Gewicht derselben mit einem gleichen Maße Wasser löschte und einrührte.

3) Endlich giebt die mit Erdkohle vorgenommene Calcination einen Kalk, der sich sehr schnell niederschlägt, wenn er nach dem Löschen mit einer gewissen Quantität Wasser verdünnt wird.

Es läßt sich daraus der Schluß ziehen, daß die Wahl des Kalks in den Gewerben mit Ueberlegung geschehen müsse, das heißt, daß man vorzugsweise bei der Seifenfabrication den nehmen müsse, der am längsten im Wasser sich schwebend erhält und der mit Holz gebrannt worden. Auch bei'm Gerben, der Sämisch-Lederbereitung und bei dem Färben möchte der genannte Kalk dem mit Torf gebrannten vorzuziehen sein. Dagegen ist der mit Erdkohle calcinirte ausschließlich bei'm Bau zu Bereitung des Mörtels, als schwerer, vorzuziehen. In Bezug auf den Verbrauch bei'm Bauen haben wir selbst die Erfahrung gemacht, daß der mit Torf oder Braunkohle (Erdkohle) gebrannte Kalk den großen Vorzug hat, daß der von ihm gewonnene Staubkalk keine alkalischen Aschen enthält, wie es immer bei dem mit Holz gebrannten der Fall ist. Er giebt einen Mörtel erster Qualität.

§. 85. Man unterscheidet gemeinen oder Luftkalk und hydraulischen Kalk.

Der Luftkalk kann fett, mager sein oder das Mittel zwischen beiden halten; man hat jetzt ziemlich allgemein in Bezug auf diese Benennungen die Definitionen von Vicat angenommen. Dieser nennt den Kalk fett, der, schnell unter eine große Masse Wasser getaucht, davon 2,60 bis 3,60 auf 1 Gewichtstheil verschluckt, um zu zerfallen; einen mittleren Kalk, der unter gleichen Umständen 2,30 bis 2,60 Wasser absorbirt; einen magern der nur 1 bis 2,30 Gewichtstheile davon aufnimmt. Hydraulische Kalke sind alle, welche die Eigenschaft besitzen, Körper unter Wasser anzunehmen und in we-

Digitized by Google

nig Tagen zu erhärten, ohne daß ein fremder Zusatz hinzukommt.

Dergleichen Kalksorten sind sehr geeignet zu Bauen unter Wasser und geben überhaupt einen sehr festen Mörtel, wenn sie mit der zukömmlichen Menge Wassers angemacht werden.

Die hydraulischen Kalke sind stets mager, selten mittler Gattung, fett nie; es sind deßhalb aber nicht alle magern Kalke hydraulisch, und dieses Zeichen nicht ausreichend. Das, was man von der Farbe des Kalks hernimmt, kann ebenfalls bis zu einem gewissen Puncte zu Erkennung der Natur desselben dienen, ist aber im Ganzen zu empirisch und unverläßlich.

Die hydraulischen Kalke sind zuweilen weiß oder nur wenig gefärbt; öfterer aber ist ihnen eine schmutziggraue oder rohe Ziegelfarbe, mitunter auch eine fahlgelbe geworden. Das Umgekehrte findet nicht Statt, und die gefärbten Kalke sind nicht immer hydraulisch.

Man darf aus der Benennung „hydraulischer Kalk" nicht folgern, das dieser Kalk nur unter Wasser zu gebrauchen ist. Seine Vorzüge über die gemeinen Kalke sind gleich erwiesen bei allen Bauen, über oder unter der Erde; und man kann als einen wohlbegründeten Erfahrungssatz annehmen, daß der Widerstand guter hydraulischer Mörtel, die man unter diesen Umständen anwendet, dem mittelharten Bausteine gleichkommt.

Zur Unterstützung dieser Behauptung lassen sich die Befestigungswerke von Metz, Tournay, Kassel ꝛc. anführen, die mit hydraulischem Mörtel gemauert sind.

Vierter Abschnitt.

Von dem Gemäße des Kalks im Handel.

§. 86. Der gebrannte Kalk soll (in Ländern, wo das französische Maßsystem eingeführt ist) nach dem Cubikmeter gemessen und sofort aus dem Ofen verkauft werden.

In Preußen ist, nach dem Gesetz vom 16. Mai 1816, zum Messen des Kalks die Tonne bestimmt, welche 4 Berliner Scheffel à $1\frac{7}{9}$ preuß. Cubikfuß enthält; wonach die Tonne $7\frac{1}{2}$ Cubikfuß (0,219 Stères). Eine solche Tonne soll 2 Fuß 7 Zoll im Lichten hoch, 1 Fuß $7\frac{1}{2}$ Zoll im Boden und 1 Fuß 11 Zoll im Bauche weit sein.

Ein Berliner gehäufter Scheffel ungelöschten Steinkalks giebt durchschnittlich 3 Cubikfuß gelöschten Kalk, daher die dicht gepackte Tonne 12 Cubikfuß gelöschten Kalk.

Zuweilen wird der Kalk von den Kalkbrennern sofort nach dem Brennen in Gruben gelöscht und hieraus nach geaichten Schub- oder Handkarren, also nach Cubikfußen verkauft. Bei geringerem Bedarf kann man diese Erleichterung benutzen; bei Bauten, wo ein größerer Bedarf nöthig wird, ist es gerathen, den Kalk frisch aus dem Ofen anzukaufen und das Löschen selbst zu besorgen, weil man dann die Gewißheit haben kann, daß bei'm Löschen richtig verfahren worden ist.

Fünfter Abschnitt.

Von dem Transport des Kalks.

§. 87. Bei dem Transport des gebrannten ungelöschten Kalks muß derselbe in verschlossenen Ge-

Digitized by Google

fäßen (in Tonnen) auf weitere Entfernungen, gegen Zutritt der atmosphärischen Luft, auf kürzere in wohlbedeckten Karren oder Wagen, gegen Regen und Feuchtigkeit geschützt, transportirt werden.

Ein Cubikfuß gebrannter Kalk wiegt 90 Pfund, daher eine Tonne 640 Pfund. Es kann sonach ein schwaches Gespann 2, ein starkes 4 Tonnen auf ungepflastertem, 6 Tonnen auf gepflastertem Wege fortschaffen.

Der Kalk setzt sich immer ansehnlich, wenn er auf der Achse von dem Brennofen nach dem Lager- oder Bauplatze geschafft wird. Dieses Setzen kann durch die Erfahrung bestimmt werden. Es hängt, wie ersichtlich, nicht allein von der Natur des Kalks, sondern auch von dem Transportmittel, der Entfernung und, bis zu einem gewissen Puncte, von dem Zustande des Weges ab.

Bei dem hydraulischen Kalke von Paris, auf einem Transporte von 5 Kilometer (1327 preuß. Ruthen) auf gepflastertem Wege, beträgt das Setzen ein Sechstel, das heißt: ein Cubikmeter gebrannter Kalk aus dem Ofen gemessen, giebt nur 83 Cubikcentimeter an der Abladestelle.

Es ist deßhalb wesentlich in den Anschlägen anzugeben, und mit dem Kalkbrenner dahin zu contrahiren, ob der Kalk aus dem Ofen eingemessen oder bei'm Abladen nachgemessen werden soll. Diese Beobachtung muß auch auf das Wachsen bei'm Löschen Einfluß haben, je nachdem das Maß am Ofen oder auf dem Bauplatze bestimmt worden ist.

Digitized by Google

Sechster Abschnitt.

Von den zweckmäßigsten Vorsichtsmaßregeln bei Aufbewahrung des gebrannten Kalkes.

§. 88. Wir haben gelegentlich gesagt, daß der aufzubewahrende Kalk sofort nach seinem Auskühlen in hermetisch verschlossene Kästen oder Fässer verpackt werden müsse. In diesem Zustande läßt er sich wohl ein Jahr aufbewahren, ohne daß er an seiner Güte verliert.

Vicat hat ein anderes Verfahren, besonders für hydraulischen Kalk, angegeben, welches wir hier nach seiner Beschreibung mittheilen:

Man beginnt damit, eine Lage zerfallenen Kalk von 15 bis 20 Centimeter Dicke auf einer Tenne auszubreiten, die frei von Wasserzutritt und Feuchtigkeit ist.

Auf diese Lage schichtet man den lebendigen Kalk auf, indem man ihn mit einem hölzernen Klotze rammet, um die Zwischenräume möglichst zu vermindern.

Den Haufen schließt man flach abgeböscht und überschüttet ihn mit einer letzten Lage eines Kalkes, der eben in Staubkalk zerfallen will. Dieser Staubkalk füllt die Zwischenräume des lebendigen Steinkalks aus und umhüllt ihn so gut, daß er gegen die Einwirkung der atmosphärischen Luft und aller Feuchtigkeit verwahrt ist.

Ein Versuch im Großen mit 60 Cubikmeter lebendigem Kalke hat die Vorzüglichkeit dieses Verfahrens bewiesen; der von dem Haufen entnommene Kalk erhitzte sich und zerging noch nach 5 Monaten eines anhaltend nassen Winters sehr gut.

Je größer der aufzubewahrende Vorrath ist, desto mehr bewährt sich dieses Verfahren.

Digitized by Google

Wenn der Kalk mehre Tagereisen zu Land fortgeschafft werden soll, und man Witterungswechsel zu besorgen hat, so muß man ihn sofort bei'm Ausfahren aus dem Ofen durch Untertauchen zu Staubkalk löschen und in Karren mit Deckel, deren Boden und Seiten gut verwahrt, wo möglich verklebt sind, verladen. Der Kasten eines solchen Karrens kann auf eine große Quantität eingerichtet werden, da der Kalk specifisch sehr leicht ist.

Wir werden in dem zweiten Theil auf die verschiedene Anwendung des Kalks zurückkommen; jetzt aber auf den schwefelsauren Kalk übergehen.

Vierzehntes Capitel.

Von dem Gyps.

Erster Abschnitt.

Vorkommen, Eigenschaften. — Von dem Brennen des Gypses und dessen Verwendung.

§. 89. Den Gyps (Gypskalk, Bindekalk, Sparkalk, trockener Kalk) gewinnt man aus dem gemeinen schwefelsauren Kalk einem natürlichen Fossil, welches eine Verbindung der reinen Kalkerde mit Schwefelsäure (CaS) ist.

Der schwefelsaure Kalk (den man auch schon im natürlichen Zustande „Gyps" nennt) findet sich als wasserhaltend und führt dann verschiedene Na-

Digitized by Google

men je nach seiner innern Structur, welche weiter unten vorkommen werden; als wasserleer heißt er Anhydrit, Muriacit.

Der schwefelsaure Kalk (Gyps) ist ein Fremdling in dem Urgebirge, wird dagegen in allen spätern Bildungen, bei denen das Wasser Antheil hat, und zwar von den jüngern Gliedern des Uebergangsgebirges an, bis herauf zu den Süßwasser-Ablagerungen der tertiären Formationen in Busen und Becken gefunden. Im Uebergangsgebirge wird Gyps nur in so beschränktem Maße angetroffen, daß dasselbe als Fundort nicht gerechnet werden kann, und der Gyps daselbst selten bauwürdig ist.

Dagegen sind die Glieder der secondären Formation und vorzugsweise der Lias, der bunte Mergel, der Keuper und der Muschelkalk ergiebige Lagerstätten.

Noch umfassender sind die Gypsmassen des tertiären Gebirges. Sie sind aber im Allgemeinen von geringerer Reinheit, als in den obengenannten Formationen, durch das Auftreten von organischen Resten, Thierknochen, Muschelschalen und dergleichen und einen Gehalt an kohlensaurem Kalk. Das Becken von Paris, Montmartre, ist der erste Repräsentant dieses Vorkommens. Am meisten erscheint der Gyps und Anhydrit in unregelmäßigen, stockförmigen Lagern oder in liegenden Stöcken.

Wo die Stöcke von besonderer Mächtigkeit vorkommen, verursachen sie, in Folge des Auslaugens, häufige Erdfälle; bekannt sind die umfangreichen Gypsschlotten bei Wimmelburg, unweit Eisleben.

Die Bestandtheile sind nach Buchholz: 33,0 Kalk, 46,0 Schwefelsäure, 21,0 Wasser; er ist daher ein einfach schwefelsaurer Kalk mit 2 Mischungsgewichten Wasser, dem die Formel $CaS + 2H$ zukommt. Er löst sich in 460 Theilen Wasser auf.

Bei allen Verschiedenheiten des mineralischen Charakters, in welchem der Gyps vorkommt, macht sich doch stets dessen überwiegende Neigung zur Krystallinität geltend.

Man unterscheidet folgende Arten:

1) Gypsspath (Selenit, spatiger Gyps, Frauen-, Marienglas [auch Eis]), krystallisirt und derb, von krystallinisch-blättrigem Gefüge, tafelförmig rhomboidalisch (Frauenglas), bisweilen strahlig-blättrig (Strahlgyps); durchsichtig mit doppelter Strahlenbrechung (Doppelspath); halbdurchsichtig, zuweilen (mit Thon) schillernd. Er findet sich hauptsächlich im Flötzgebirge in Begleitung von dichtem Gyps und Steinsalz, zu Sperenberg in der Kurmark, im Anspach'schen (bei Windsheim, Reichstadt, Burg-Bernheim, Westheim ꝛc.), im Bayreuth'schen, (bei Ler, Dohle ꝛc.), im Würzburg'schen (bei Königshofen, Homburg am Main, im Amt Sulzheim ꝛc.), im Würtemberg'schen (bei Sulz am Neckar, Murrhardt, Schwäbisch-Hall, Herrenberg, Nagold), im Baden'schen Oberlande (bei Wehr und Hertern), Munzig bei Freiberg, bei Koburg, Quedlinburg und Hildesheim, Sangerhausen, Tennstädt, in Thüringen (bei Naumburg, Bottendorf, auf der Schmücke ꝛc.), Ilmenau, bei Ilefeld, in Schlesien, Böhmen, in Bayern bei Kochel, Oberau, in Tyrol, Liefland bei Riga, bei Goldungen in Kurland ꝛc.; Salzburg (Immerlauer Thal, Flachenberg, Weidenau, Abtenau, der Dürrenberg bei Hallein, am Mooseck zu Gollin), bei Hohenschwengau, Bergen ꝛc. ꝛc. Specifisches Gewicht 1,761 bis 2,322. Er gehört zu den reinsten Arten.

2) Körniger Gyps (Alabaster); derb, mehr oder weniger feinkörnig in's Schuppige; durchscheinend; Bruch uneben in's Splittrige; Perlmutterglanz; schnee-, graulich-, röthlich-, gelblichweiß; asch-, rauch-,

Digitized by Google

gelblich-, bläulich-, grünlichgrau; auch olivengrün, fleisch-, blut-, bräunlich-, ziegelroth; wachs-, honig-, weingelb; bräunlich; graulichschwarz.

Der körnige Gyps geht auf der einen Seite in dichten Gyps über, worin das krystalliniſche Korn dem unbewaffneten Auge verſchwindet; auf der andern Seite in ſtrahligen Gyps, der Spaltausfüllungen bildet.

Alabaſter nennt man vorzugsweiſe den weißen, feinkörnigen, derben, dem dichten ſich nähernden Gyps. Iſt der körnige Gyps mit bituminöſen Theilen durchzogen, wodurch er eine dunkle Farbe erhält, heißt er Stinkgyps, Stinkſtein. Dieſer wechſelt oft in dünnen Streifen, Schichten mit dem gewöhnlichen Gyps ab. Fundorte ſind: Coburg, Cöln, Lüneburg, Mansfeld, Salzburg, bei Hohenſchwangau und Bergen, im Bayreuth'ſchen, in Schleſien, der Schweiz, in Thüringen, Bottendorf (daſelbſt auch Stinkſtein), Ilmenau, Sangerhauſen, Dürrenberg, Tennſtädt, Nordhauſen, Weiſenſee, Langenſalza, Freiburg, Naumburg, in Bayern bei Kochel, Oberau, Tyrol, Würtemberg ꝛc. Specifiſches Gewicht nach Kirwan 2,274 bis 2,310. In Italien findet ſich ein halbdurchſcheinender Alabaſter, der viel zu Verzierungen gebraucht wird.

3) Dichter Gyps; iſt gelblich-, graulich-, röthlich- und ſchneeweiß; aſch-, rauch-, grünlich-, gelblich- und bläulichgrau; honiggelb, fleiſch- und bräunlichroth. Er findet ſich in großen, iſolirten Maſſen (Stöcken). Specifiſches Gewicht nach Kirwan 1,872 bis 2,288. Seine Fundorte ſind dieſelben wie unter 2. Auch dieſer iſt zuweilen mit bituminöſen Theilen durchzogen (Stinkſtein).

4) Faſergyps (Federweiß, Seidengyps Strahl-, Federgyps). Derb und plattenförmig von faſerigem Gefüge, durchſcheinend, perlmutter- bis

Digitized by Google

seidenglänzend, meistens weiß, auch in verschiedenem Grau und Gelb. Mehre der Farben kommen zuweilen in einem Stücke streifenweise vor.

Die Fasern laufen meist parallel, selten strahlförmig auseinander. Faseriger Bruch meist langsplitterig. Er findet sich meist in schmalen Gängen und Schnüren im dichten und körnigen Gyps des Flötzgebirges, namentlich des Keupers; außer den bei'm dichten und körnigen Gyps angegebenen Fundorten, bei Hall, Reichenhall, zu Hoschütz in Mähren, bei Jena, Tonna, Fahnern in Thüringen, Wimmelburg bei Eisleben, Nebra an der Unstrut und andern Orten.

5) Erdiger Gyps (Gypserde, Mehlgyps, Himmelsmehl, Gypsguhr); besteht aus lockern oder schwach verbundenen erdigen Theilen; weiß in's Röthliche, Gelbliche oder Graue spielend; fühlt sich rauh, mager an, aber weniger als Bergmilch; durch Glühen wird er weiß; färbt etwas ab. Eine lockere, angeflogene Art desselben ist der Schaumgyps. Der erdige Gyps findet sich überall mit den vorigen im Flötzgebirge in Sachsen, Baiern ꝛc., jedoch nicht in großen Massen, die für sich bauwürdig sein könnten.

6) Der Anhydrit (Muriazit, Karstenit) krystallisirt in geraden, rechtwinkeligen Säulen, kommt auch häufiger derb, bisweilen von stängeligem, blätterigem, strahligem, körnigem und dichtem Gefüge vor.

Weiß in's Blaue, Rothe, Aschgraue; Strich weiß; Glas- bis Perlmutterglanz; halbdurchsichtig bis durchscheinend; Bruch uneben-in's Muschlige und Splittrige; specifisches Gewicht 2,7 bis 3,0.

Die Bestandtheile des Anhydrits von Bex in der Schweiz sind nach Vauquelin 40,0 Kalk, 60,0 Schwefelsäure; des blauen von Sulz am Neckar nach

Klaproth 42,00 Kalk, 57,00 Schwefelsäure, 0,10 Eisenoxyd, 0,25 Kieselerde. Es ist sonach ein wasserfreier, einfach schwefelsaurer Kalk und dessen Formel CaS.

Durch das Brennen wird sein Gewicht nicht verändert, und sein Verhalten ist im Uebrigen wie bei'm Gyps. Vorkommen im Steinsalz und Gypsgebirge.

Der Anhydrit unterscheidet sich in krystallisirten oder spathigen (Anhydritspath), dichten und körnigen. Ersterer kommt vor bei Hall in Tyrol, Hallein und Berchtesgaden im Salzburgischen, Bex in der Schweiz, bei Oldendorf in Hessen und in Savoyen. Der dichte von blauer Farbe bei Sulz, von grauer Farbe bei Schwäbisch-Hall; der körnige (Gekröstein nach Werner, auch Vulpinit) am Gotthardt, in der Lombardei, im Salzburgischen.

Der Thongyps, ein aus Gypsspath, körnigem und faserigem Gyps, mit Thon gemengtes und innig verwachsenes Gestein, grau von Farbe, zerfällt sehr leicht an der Luft zu unreiner Gypserde, welche man oft gleich unter der Dammerde antrifft; er gehört dem Muschelkalk oder der Formation des bunten Sandsteins an.

Die Benutzung des Gypses ist vielfach. Man benutzt den Gypsspath zum Putzen von Edelsteinen, Perlen, zum Gypsbrennen, den faserigen zum Brennen, auch gepülvert als Streusand; den körnigen (Alabaster) zu Vasen, Uhrgehäusen, Verzierungen auf Holz, Tischplatten, Bildhauerarbeiten, die der Witterung nicht ausgesetzt sind, als Dünger, zur Porcellanfabrication; gebrannt, als Mörtel zum Mauern, Gypsestrich (besonders in Frankreich und Italien), zu Gypsmarmor (Stuk, Stucco), zum Abformen plastischer Gegenstände u. a. Als Mauerspeise ist der Gyps vom Montmartre bei Paris vorzüglich, in-

Digitized by Google

dem er 0,12 kohlensauren Kalk enthält. Das Fossil ist eine Art Breccie von sehr feinen, körnigen Krystallen schwefelsauren Kalkes und zarten Blättchen von kohlensaurem Kalke, die Fragmente von Muschelschalen sind.

§. 90. **Eigenschaften des Gypses.** Der schwefelsaure Kalk, unter Zutritt der Luft erwärmt, verliert bei 100° C. fast nichts von seinem Krystallwasser, allein das Entweichen desselben beginnt schon bei einer geringern Zunahme über 100°, endet aber erst, wenn die Erhitzung 133° C. erreicht hat.

Der bei dieser Temperatur entwässerte Gyps verschluckt auf's Neue und mit großer Kraft das Wasser wieder, indem er in die ursprüngliche Verbindung $CaO,2H_2O$ (oder CaH) wieder zurückkehrt.

Wird der Zusatz von Wasser nicht über das passende Verhältniß gegeben, so wird dasselbe schon nach wenig Minuten gebunden, während sich Wärme entwickelt.

Wenn der Gyps vor oder nach dem Brande gepülvert war, so erstarrt das Pulver, mit Wasser angerührt, rasch zu einer porösen, erdigen Masse, welche genau die Form annimmt, worin sie gegossen wird, und sie wegen des Ausdehnens bei'm Erhärten auch in die kleinsten Unebenheiten ausfüllt. Hierauf beruht die Anwendung des Gypses zum Bildgießen, Ausgießen der Mauerfugen, Abformen und zu Mörtel.

Erhitzt man den Gyps viel über 133° C., so verliert derselbe seine Fähigkeit, Wasser zu verschlucken und zu erhärten, auf immer; er verhält sich dann wie der natürliche wasserfreie Gyps (Anhydrit), der eben so wenig erhärtet, welches muthmaßlich in einer Molecular-Verschiedenheit des gutgebrannten Gypses und des Anhydrits seinen Grund hat.

Digitized by Google

Auf die Entwässerung und auf das Anmachen des Gypses ist daher die volle Aufmerksamkeit zu lenken.*)

Die ganz feinen, reinen Sorten Gyps zum Gießen, Formen und zur feinern Stuccaturarbeit erhält man gewöhnlich gepülvert und durchgebeutelt im Handel. Indessen ziehen Künstler vor, das Brennen selbst zu bewirken, um von dem richtigen Verfahren und der Bindekraft Ueberzeugung zu haben. Man erhitzt nemlich den gemahlenen und durchgebeutelten, rohen Gyps in einem reinen kupfernen Kessel über mäßigem Feuer.

Nach einiger Zeit tritt auf der Oberfläche eine wallende Bewegung ein; die Gypsmasse stellt sich, von dem entwickelten Wasserdampf gehalten, gleich einer Flüssigkeit in's Niveau. Es bilden sich zahllose kleine kegelförmige Krater, durch die der Dampf wie mit kleinen Explosionen entweicht, und die bei'm Umrühren stets wieder von Neuem entstehen.

Diese Bewegungen geben einen sichern Maßstab von dem Vorschreiten der Entwässerung und der Punct der Gare ist der Augenblick, wo eine darüber gehaltene Glas- oder Metallplatte von dem Dunst nicht mehr anläuft.

Im Allgemeinen ist das rasche Erhärten des Gypses zu Kunstgüssen eine Hauptbedingung. Man hat aber die Erfahrung gemacht, daß völlig entwässerter Gyps nicht so rasch bindet, als Gyps, den man nur so lange erhitzt hat, als das Aufwallen dauert, wo er noch $\frac{1}{4}$ seines Wassers enthält. Eine Erklärung dieses Verhaltens ist noch nicht aufgefunden; sie ist um so merkwürdiger, als halb entwässer-

*) Vergleiche §. 96.

ter Gyps ($\dot{C}a\dot{S} + \dot{H}$) mit Wasser durchaus nicht erhärtet.

Anstatt in einem Kessel, kann das Gypspulver auch auf einer reinen Metallplatte, jedoch unter stetem Umrühren und Wenden, entwässert werden. Zuweilen wird er auch in einem gewöhnlichen Backofen, der zu der Temperatur geheizt worden, die zum Brodbacken gehört, gebrannt; jedoch ist es zu dem Ende besser, die ausgelesenen reinen Steine nur in nuß- oder eigroße Stücke zu zerschlagen und nicht zu pülvern. Sowie die Ofensohle vom Feuer und von Asche gereinigt ist, wird die Beschickung eingetragen und das Mundloch verschlossen. Nach einiger Zeit werden Probestücke gezogen. Wenn diese auf dem weißen, erdigen Bruche nur noch wenige glänzende, krystallinische, also nicht entwässerte Theile zeigen, so ist die rechte Gare eingetreten; man nimmt den Gyps heraus, mahlt und siebt ihn durch ein feines Haarsieb, welches mit einem Deckel trommelartig versehen ist, um das Verstäuben zu verhindern. Diese letztern Operationen sind weit leichter bei dem gebrannten, als ungebranntem Gypse.

Eben so kann man den Gyps, wenn er vorher in nußgroße Stücke zerkleint worden, in einer blechernen Trommel, nach Art einer großen Kaffeebrennmaschine, brennen; nur muß der Grad der Gare öfters untersucht werden.

Bei größerm Bedarf, wo man ein umfassenderes Gypslager ausbeutet, bedient man sich eigener Gypsöfen zum Brennen, deren Beschreibung weiter unten folgen wird; sowie auch eigener Maschinen zum Mahlen und Sieben des rohen, wie des gebrannten Gypses.

In Paris sortiren die Arbeiter den rohen Gyps sofort im Bruche; sie trennen ihn daselbst in drei Sorten: die geringste, körnige, formlose Massen bildend, ent-

hält beiläufig 12 Procent kohlensauren Kalk und dient zum Mörtel, Estrich, Düngen; die zweite, der reine krystallinische Gyps, blättrig, durchsichtig, gelblich oder farblos, findet sich in Drusen oder Nestern von mehr oder weniger Umfang und dient zu Bildabgüssen und Modelliren; die dritte Sorte endlich ist ein Alabaster. Von dem übergar gebrannten Gyps, der nicht mehr gut bindet, sagen die Pariser Arbeiter: „il n'a pas d'amour". In Paris wird die erste Sorte in ungeheurer Menge bei den Bauten verbraucht. Das Binden (gacher) des Gypses durch Anmachen mit Wasser geschieht nach Maßgabe der Anwendung. Wenn die kräftigste Bindung erfordert wird, und er daher nur die zukömmliche Wasserzuthat erhält, nennen die Maurer dies gacher serré; bei mehr Wasser gacher clair, und plus clair, wenn er noch mehr verdünnt wird, wie z. B. zu dem Putz.

Der gebrannte Gyps wird in Paris pr. Muid (33 preußische Scheffel) mit 16 Francs oder, nach gesetzlicher Bestimmung, mit 12 Francs 35 Centimes bezahlt.

§. 91. Die Gegend von Berlin bezieht den Gyps aus Sperenberg in der Kurmark, dem einzigen Fundorte in den Marken und Pommern. Diese Brüche sind bereits über 100 Jahre ausgebaut worden, liefern jährlich an 10000 Centner Steine und versprechen noch auf mehre 100 Jahre Gewinn. Nur mit einer 2 bis 3 Fuß hohen Erdlage bedeckt, sind sie leicht zu bearbeiten. Specifisches Gewicht des rohen Steines 2,199 bis 2,266; des gebrannten 1,810.

In der Regel giebt die Unterschicht der Gypslager den besten, die Mittelschicht, die etwas leichter als die untere Schicht ist, einen minder guten, und die Deckschicht den leichtesten Gyps, daher auch die erste Art starkes, die zweite Art weniger starkes und die dritte Art das schwächste Feuer erfordert.

Der gebrannte Gyps wird in Berlin nach Tonnen, jede zu 5 Berliner Scheffeln, die Tonne mit

Digitized by Google

4⅙ bis 4⅔ Thaler verkauft; die Tonne wiegt 805 Pfund.

Ein Centner roher Gypsstein giebt gebrannt ¾ Berliner Scheffel Gypsmehl.

Zweiter Abschnitt.

Von den Gypsöfen.

§. 92. Alle gewöhnliche, für größern Bedarf eingerichtete Oefen zum Brennen des Gypses, sind mit einem Uebelstande behaftet, welcher der Güte des Materials Abbruch thut, indem der Gyps mit dem Brennmaterial oder doch mit der Flamme desselben in unmittelbare Berührung kommt. Die Kohle (auch Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff ꝛc.) entzieht nemlich dem Gypse in der Glühhitze seinen Sauerstoff, so daß Schwefelcalcium zurückbleibt, welches an der Luft bei'm Anmachen den Geruch nach Schwefelwasserstoff entwickelt.

Die gewöhnlichen Oefen sind nach Fig. 51 construirt. Sie bilden ein Viereck von zehn Fuß im Quadrat, neun Fuß hoch, oben bei a überwölbt, an den Seiten b, b und hinten mit Mauer eingeschlossen; an letzterer liegt die Esse d. Die Vorderseite ist zur Beschickung und Regulirung des Feuers offen. Die Feuercanäle x, x, x auf der Sohle des Ofens werden mit großen Gypssteinen zuerst gewölbt, auf diese Gewölbe die größern Steine aufgebracht und dann die übrigen in abnehmender Größe, bis oben der Abraum aufgefüllt wird.

Die Flamme des in den Canälen angefeuerten Holzes durchdringt die Zwischenräume und nimmt ihren Ausweg durch die Zuglöcher y, y in die Esse.

Digitized by Google

Bei dem Brande mit Steinkohlen, Braunkohlen ꝛc. muß der Ofen mit Rost und Abfallraum für die Asche vorgerichtet werden. Diese Einrichtung zeigen die Figuren 52a,b. Es sind nemlich unter den gewölbten Heizcanälen x x . . . . x noch andere Gewölbe z, z, z von gebrannten Steinen angebracht, deren Ueberwölbung rostartig durchbrochen ist, wie Fig. 52a zeigt. Auf diesem Roste wird die Steinkohlenfeuerung aufgebracht und unterhalten.

Eine besondere Esse ist hier nicht vorhanden.

Die obern Gypslagen brauchen 12 bis 16 Stunden anhaltendes Feuer zur Gare, während die untern bereits rothglühend, überhitzt und das geworden sind, was man „todtgebrannt" nennt, wo sie ihre Kraft zu binden verlieren. Das Feuer ist übrigens dabei sehr schwer zu reguliren, daß seine Wirkung der ganzen Tiefe des Ofens nach gleichförmig werde.

§. 93. Diesen Uebelständen wird meistens vorgebeugt durch die von Scanegatty angegebene Ofenconstruction, Fig. 54.

Der untere Raum des Schachtes ist ungefähr 1 Fuß über der Sohle durch ein Gewölbe **P P** abgetrennt. In den obern Raum wird theils durch die Einsatzthür **G**, theils durch die Gicht **H** der Gyps eingesetzt; er ist mit acht Zügen **I, I, I** versehen, einen neunten bildet das Rohr in der Deckplatte **M**. Mit dem untern Feuerraume steht der vor dem Ofen angelegte Feuerheerd **E** in Verbindung, aus dem die Flamme durch den Zug x unter das Gewölbe **P P** tritt, sich von da aus durch die Durchbrechungen e, e, e gleichmäßig in dem Querschnitte des Schachtes vertheilt und, den Gyps durchziehend, ihren Ausweg durch die Zuglöcher **I, I, I** nimmt.

Diese Register dienen zugleich zur Regulirung und gleichmäßigen Austheilung der Hitze. Wenn an

einer Seite das Feuer zu schwach wirkt, so öffnet man an dieser Seite die Register und verschließt sie an der entgegengesetzten. Die Oeffnung L, welche zur Reinhaltung des Feuerraumes dient, nebst denen G und H, werden während des Brandes geschlossen.

Die Temperatur, welche den Wasserdampf entwickelt und aus den Registern I, I austreibt, sucht man auf diesem Grade zu erhalten, bis eine vor die Oeffnungen gehaltene kalte Metall- oder Glasplatte das Anlaufen durch die Dämpfe in abnehmendem Maße zeigt. Wenn diese Erscheinung sich vermindert, werden alle Zugänge verstopft und man läßt den Gyps so 12 bis 15 Stunden erkalten. Der Ofen hat 325 Cubikfuß Rauminhalt und faßt 220 Cubikfuß Gyps, wobei man gegen 100 Cubikfuß auf die Zwischenräume rechnet.

Die Erfahrung lehrt, daß das Brennen des Gypses nur bei einer niedern, und zwar zwischen enge Grenzen eingeschlossenen Temperatur ein gutes Resultat giebt. Wäre das Brennen mit flammendem oder schwachem Feuer nicht durch seine Einfachheit so annehmlich, so würde die Heizung durch Dämpfe oder mit erhitzter Luft bei'm Betrieb im Großen weit vortheilhafter sein. Dabei würde Ueberhitzung, Unterhitzung, Todtbrennen, Verwandlung in Schwefelcalcium ꝛc. gänzlich wegfallen.

In dem Departement der Saône und Loire wendet man Oefen mit zwei Feuerheerden an und rechnet auf 2500 Kilogramme Gyps 1120 Kilogramme Steinkohlen. In Paris verwendet man die verlorene Hitze der Koksöfen zum Brennen des Gypses und erhält vorzügliche Resultate, indem man die Hitze dreier Koksöfen einem Gypsofen von sehr großen Dimensionen zuführt. Man sorgt für eine stufenweise Bereitung der Koks, so daß sich in jedem Ofen die Hitze in einem andern Stadium befindet, und dergestalt dem Gypsofen immer eine Wärme von mittler Temperatur zugeleitet wird, wie sich für den Gyps und die Gypsforte eignet. Dabei

Digitized by Google

sind stets 2 Gypsöfen im Gange, deren einer brennt, während der andere ausgefahren und neu eingesetzt wird.

Der für die Düngung bestimmte Gyps kann sehr wohlfeil in immerwährenden Oefen gebrannt werden.

Man hat noch mehre Arten von Gypsöfen, unter andern häufig in Form eines abgekürzten, umgekehrten Kegels, wie bei den Kalköfen beschrieben worden. Ein solcher Ofen wird dann in einen Abhang eingebaut, gegen 12—14 Fuß tief, oben 10—12 Fuß, unten 8 bis 10 Fuß breit gemacht und mit einem Schürloche versehen, welches gegen 2 Fuß breit und $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$ Fuß hoch und überwölbt ist. Ein Ueberbau schützt ihn gegen die Witterung. Die Füllung geschieht ebenfalls unter abnehmender Größe der Steine; obenauf über die Gicht wird gewöhnlich noch ein Haufen meilerartig von Abraum aufgeschichtet, wohinein zur Regelung der Hitze Luftlöcher gestochen werden. Auch werden zwischen die Steinlagen Stücke Holz eingelegt.

Bei einem Ofen älterer Construction ist es am mißlichsten, den Gyps in größern Stücken einzusetzen und einsetzen zu müssen, die sich so schwer bis zum Kern durchbrennen; wenn daher ein Ofen das Zerschlagen der Steine bis zur Größe einer Nuß oder eines Eies nicht zuläßt, so ist er an sich verwerflich.

Nach dem Brennen muß der Gyps vor Feuchtigkeit noch behutsamer geschützt werden, als der gebrannte Kalk; besonders bei den Baustellen an einem ganz trocknen Orte verwahrt werden. Die geringste Feuchtigkeit macht ihn sofort hart und zum Gebrauche untüchtig.

§. 94. **Brennen des Gypses mittelst erhitzten Wasserdampfes; nach Violett.** — Der Apparat, Fig. 36, besteht aus einem gewöhnlichen Dampfkessel, einem metallenen Schlangenrohre

und einem, den Gypsstein enthaltenden, aus Ziegelsteinen gemauerten doppelten Recipienten. Dieser eirunde Recipient gleicht einem Kalkofen und hat zwei entgegengesetzte Oeffnungen, mit luftdichtem Verschluß, zum Eintragen und Herausnehmen des Gypses. Mit Hähnen versehene Röhren stellen die Verbindung zwischen den verschiedenen Theilen des Apparats her; die Temperatur des Dampfes vor seinem Eintritte in den Recipienten zeigt ein Thermometer an.

Der im Kessel erzeugte Dampf tritt in das Schlangenrohr und erhitzt sich darin auf den erforderlichen Grad, gelangt in den ersten Recipienten, dringt in die Zwischenräume und Poren der Gypsstücke, erhitzt und brennt sie allmählig gleichmäßig und geht dann in den nächsten, ebenfalls gefüllten Recipienten über und entweicht hieraus in die Luft, indem er alles Wasser des Gypses aufnimmt und fortführt.

In dem ersten Recipienten wird der Gyps mit einer Temperatur des Dampfes von 200° C. (160° R.) gar gebrannt, in dem andern, wo die Temperatur schon abgenommen hat, nur vorgewärmt.

Hat der Dampf seine Wirkung in dem ersten Recipienten vollführt, so wird der Dampf mittelst Hähnen davon abgesperrt, in den zweiten allein geleitet, indeß man den ersten Recipienten wieder frisch füllt und dann die Communication mit dem zweiten herstellt, so daß die Circulation des Dampfes eine der anfänglichen entgegengesetzte wird. Der schon vorgewärmte Gyps wird immer sehr schnell gar.

Ein schätzbarer Vortheil dieses Verfahrens ist, daß man den Dampf, der bereits irgend als Triebkraft benutzt worden ist, dann noch zum Gypsbrennen anwenden kann. Man kann ihn nemlich zuerst zum Betrieb einer Dampfmaschine erzeugen und ihn

Digitized by Google

beim Austritt aus derselben in das Schlangenrohr führen, um ihn da zu erhitzen u. s. w.

Bei einem Apparat wie nachstehender, der täglich 100 Cubikmeter Gyps liefern kann, reicht die Dampfmenge hin, die von einer Maschine von 80 Pferdekräften ausgeht.

Fig. 36a ist der Verticalschnitt nach der Linie **A B C D** in Fig. 36b, und Fig. 36b der Grundriß nach **E F G H** der vorigen Figur.

a, a sind die beiden Dampfkessel von zusammen 80 Pferdekräften, mit einem Schlangenrohre k und drei aus Ziegeln gebauten Oefen c, d, e, welche durch ein System mit Hähnen versehener Röhren in Communication stehen; man trägt den Gyps durch die Oeffnungen f, f, f ein und zieht ihn aus den untern Oeffnungen g, g. Man operirt wie folgt:

Von den drei gefüllten Oefen c, d, e empfängt c den Dampf aus dem Schlangenrohre, der dann in den Ofen d abzieht; man öffnet bloß die Hähne 1 . . . . 7, alle übrigen bleiben geschlossen. Der in den Kesseln a, a erzeugte Dampf geht durch das Rohr h in das Schlangenrohr k, erhitzt sich darin auf 200° C., tritt durch das Rohr i (an dem ein Thermometer angebracht ist) aus, steigt im Rohre zu dem v, dann in l, gelangt von oben nach unten in den Recipient c und brennt darin die Gypsstücke. Dann steigt der Dampf wieder durch das senkrechte und gebogene Rohr m hinauf, zieht in den horizontalen Schenkel n, tritt in den Recipienten d, durchdringt ihn von oben nach unten und steigt durch o wieder auf, um durch einen Hahn am horizontalen Theil des Rohres p zu entweichen.

Ist der Ofen e gehörig durchbrannt, so führt man den Dampf aus dem Schlangenrohr in den Ofen d und aus diesem in den Ofen e. Hierzu öffnet man bloß die Hähne 1, 2, 3, 6, 9, 10. Der

Digitized by Google

Dampf gelangt in j, bringt in q, dann in n, durchdringt den Ofen d von oben nach unten, steigt durch o auf, gelangt durch p in den Ofen e, den er durchzieht, und entweicht durch r in die Luft, indem er durch einen Hahn in dem horizontalen Theile austritt.

Will man nach dem Brennen des Gypses im Ofen d den Dampf des Ofens e in den c gelangen lassen, welcher indeß mit Gyps beschickt worden, so öffnet man bloß die Hähne 1, 2, 10, 11, 4, 5 und läßt die andern geschlossen. Der Dampf gelangt nun aus dem Rohre j in t, hierauf in u, durchzieht den Ofen e von oben nach unten, steigt in r auf, gelangt durch s l in den Ofen c, den er durchdringt, und steigt durch m auf, um durch einen Hahn in n zu entweichen. Auf diese Weise wird das Brennen beliebig fortgesetzt.

Bei dem Proceß in einem ähnlichen Apparat wurden in einen Recipienten von 0,18 Cubikmeter innerm Raume 150 Kilogramme Gypssteine von cubischer Form zu 10 bis 15 Centimeter Seite eingesetzt.

Es wurde Dampf von ½ Atmosphäre Spannung angewandt und dessen Temperatur gleichmäßig auf 190° bis 100° erhalten. Die circulirende Dampfmenge betrug 20 Kilogramme pr. Stunde; und nach sechs Stunden war der Gyps vollkommen gebrannt, und in dem Zustande, wie ihn die Gypsformer brauchen.

Bei dem abgebildeten Apparat sind zum Brennen von 1 Cubikmeter zerschlagener Gypssteine, welcher 1000 Kilogramme Product liefert, 350 Kilogramme Dampf erforderlich und hinreichend. Ein Dampfkessel mit zweckmäßiger Feuerung erzeugt mit 1 Kilogramme Steinkohlen 6 Kilogramme Wasser-

Digitized by Google

dampf. Um 1 Cubikmeter Gypssteine zu brennen, sind daher 58,8 Kilogramme Steinkohlen nöthig.

Die Vortheile dieses Verfahrens sind:

1) Ein gebrannter Gyps von besserer Qualität, mit Sicherheit gewonnen;

2) die vollkommene Weiße, ohne Verunreinigung von Kohlenstaub;

3) die leichte Operation des Brennens und größere Wohlfeilheit, um so mehr, wenn noch eine andere Nutzanwendung des Dampfes damit verbunden werden kann.

§. 95. Von dem Zerkleinen des gebrannten Gypses. In den gewöhnlichen Gypshütten, wo der Vertrieb sich nicht in's Große erstreckt, wird der gebrannte Gyps mit Handschlägeln zermalmt. Der Arbeiter braucht dazu 2 Zoll starke, 1 bis 1½ Fuß lange und etwas schmälere Bohlenstücke von hartem Holze, in welche eine etwas gebogene Stange unter einem spitzen Winkel als Stiel befestigt worden. Wenn nun der Gyps zuerst im Groben mittelst einer Keule zerschlagen ist, wird er mit Schaufeln auf einer festen Tenne in 3 Zoll hoher Lage ausgebreitet und so geschlagen, daß das Zerkleinte durch die Schläge abgesondert und nach dem Arbeiter zu getrieben wird. Die neu entstandene Lage enthält viel klaren Gyps, dabei aber noch untauglichen groben. Man sondert den feingeschlagenen Gyps durch Drahtsiebe, deren Maschen $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{6}$ Zoll weit sind, von den gröbern und unterwirft letztere einem wiederholten Schlagen.

Er wird wohl auch mit Dreschflegeln klein geschlagen (gedroschen).

Bei dem Schlagen pflegen die Arbeiter den Gyps zu besprengen, um von dem Staube weniger belästigt zu werden. Dadurch werden aber die an-

Digitized by Google

gefeuchteten Theile schon gesättigt und binden an sich später nicht mehr, machen also den Gyps geringer.

Da aber der Staub des unbenetzten Gypses bei'm Schlagen sehr beschwerlich, dabei auch der Gesundheit nachtheilig ist, so bedient man sich bei größern Anstalten anderer Zermalmungsmittel.

Durch das Schlagen kann ein kräftiger Mann in 10 Stunden 5 bis 6 preußische Scheffel mit Einschluß des Umschaufelns und Siebens pülvern.

Ein zweites Verfahren, den Gyps zu mahlen, geschieht durch zwei große Mühlsteine. Es wird eine stehende Welle in dem Schuppen angebracht, in deren unterm Theile ein liegender Baum befestigt ist, an dessen Enden zwei verticalstehende Mühlsteine umlaufen. Diese Steine, die sich auf einer festen, mit Einfassung umgebenen, am besten steinernen Tenne umwälzen, haben eine leichte Neigung von der Mitte nach dem Umfange und stehen von der Welle 3½ bis 5 Fuß radial ab. Die Drehbewegung geschieht durch ein an einem Lenkbaum angespanntes Pferd. Noch ist an der Welle eine Rechenvorrichtung zum Aufrühren des Gypses angebracht, deren Zinken 6 bis 7 Zoll auseinander stehen. Das fertige Mehl wird ohne Händearbeit von selbst nach den Oeffnungen getrieben, die sich nahe der Welle befinden, und fällt in die Aufbewahrungsräume.

Das Erzeugniß des Gypsmahlens durch diese Maschinen, bei'm Betrieb mit zwei sich abwechselnden Pferden, kann in 10 Stunden gegen 18 bis 19 Berliner Scheffel (80 Boisseaux) betragen. Mit einem Pferd und einem Stein erhält man nur 9 bis 11 Scheffel.

Bei den Maschinen zum Zerkleinern läßt sich ferner auch Wasserkraft anwenden. Es kann dazu die eben beschriebene Maschine gebraucht werden, nur daß die stehende Welle ein Getriebe erhält, welches

Digitized by Google

durch ein Kammrad mit der Triebkraft in Verbindung gesetzt wird.

Zuweilen wendet man auch 2 liegende Steine, den einen als Bodenstein, den andern als Läufer an, so daß die ganze Einrichtung einer Getraidemühle nahe kommt, man auch eine solche unmittelbar brauchen kann. Die Gypssteine müssen in diesem Falle bereits zu groben Körnern zerschlagen sein.

Endlich bedient man sich noch der Pochwerke oder Stampfmühlen, deren Einrichtung bekannt ist; unter dem Grubenstocke wird eine Sieb- oder Beutelvorrichtung angebracht, welche den Gyps im feinsten Mehl abgiebt. (Eine solche Maschine kann täglich 200 bis 300 Boisseaux [46 bis 70 preußische Scheffel] liefern.) Dergleichen Maschinen findet man in Nr. 47 des Bulletin de la Société d'Encouragement, 1. Theil, ausführlich beschrieben und durch Kupfer erläutert.

Noch ist der Zerkleinerung in Tonnen mit rollenden, metallenen Kugeln zu gedenken. Dieser Tonnen drehen sich mehre an einer oder mehren horizontalen Achsen und werden durch Wasser oder Dampf mittelst Rädersystem in Gang gesetzt.

Eine auf dieses System gegründete, etwas complicirte Maschine wird in Publication industrielle des machines etc. par Armengaud, 6. Band, 1848, beschrieben und durch Kupfer erläutert.

Bei dem Zerkleinen an freier Luft verliert der Gyps schon etwas seiner plastischen Eigenschaft, weßhalb das Mahlen in Tonnen ꝛc. unter passenden Umständen vorzuziehen sein möchte. Ueberhaupt soll er baldmöglichst nach dem Brande verbraucht werden und nicht erst sich mit Feuchtigkeit der Luft verbinden.

Digitized by Google

Einen auf solche Weise geschwächten Gyps nennen die Maurer „abgestanden" (éventé); er hat dann die Fähigkeit, schnell zu erhärten, verloren.

Dergleichen abgestandener Gyps kann durch ein neues Brennen oder Kochen in Kesseln ꝛc. diese Kraft ziemlich wieder erhalten.

Dritter Abschnitt.

Verhalten des Gypses gegen Wasser.

§. 96. Der gebrannte Gyps saugt das Wasser begierig ein, wird mit mehrem angerührt zu Brei, bindet aber sofort das Wasser, wenn er die richtige Gare hat und gesteht ziemlich schnell zu einer festen Masse, die dann in Wasser sich nicht mehr löſ't.

Bei'm Eintreten in das Stadium des Erstarrens findet eine Wärmeentwickelung statt, die jedoch nicht der des gebrannten Kalkes gleichkommt. Die nächste Ursache ist der Uebergang des flüssigen Wassers in festes.

Obgleich der Gyps nur gegen $\frac{1}{4}$ seines Gewichtes an Wasser wirklich chemisch bindet, so erstarrt er doch noch zu einer festen, zusammenhängenden Masse, wenn er mit einem gleichen Gewichte und mehr zu Brei angerührt wird. Es entsteht nemlich durch Aufnahme der 2 Aequivalente Wasser eine Zusammenhäufung von Gypskrystallen, welche den Ueberschuß in ihre Zwischenräume aufnehmen und an der Luft bei'm Trocknen verdunsten lassen.

Wenn der Ueberschuß des beigerührten Wassers nicht beträchtlich ist, so erhärtet der Gyps schneller und wird sofort fest, welches seine Höhe mit dem vollkommenen Austrocknen erreicht.

Digitized by Google

Bei größerm Ueberschuß setzt sich der gelöf'te Gyps allmählich ab und die erstarrten Theilchen kitten sich bei'm Austrocknen fester zusammen; indessen bleibt in diesem Falle der Gyps längere Zeit weich.

Die Härte des ausgetrockneten Gypses steht weit unter Steinhärte und gestattet das Abschaben mit dem Fingernagel, obgleich er einen gewissen Klang bei'm Anschlagen giebt.

Der Gyps zum Formgießen und Ausgießen von Mauerfugen muß dünnflüssiger sein, am dünnflüssigsten für sehr zarte Formen, Medaillen und dergleichen. Die Fähigkeit des Gypses, noch mit einem großen Ueberschuß von Wasser, obwohl langsamer, zu erstarren, läßt zu, daß der Gypsbrei ziemlich flüssig gemacht und dadurch in die kleinste Vertiefung und feinsten Formen einzudringen geschickt wird.

Je dünner jedoch der Gyps angemacht wird, um so lockerer und poröser der Guß. Diese Porosität ist bei Gypsformen zur Porcellan- und Thongeschirr-Fabrication sehr willkommen. Ein übermäßiger Wasserzusatz hindert das Binden aber völlig und der Gyps setzt sich erdartig ab.

Die Menge des Wasserzusatzes richtet sich theils nach der Art des rohen Gypses, theils nach dem Grade des Brennens, theils nach dem zu machenden Gebrauch und muß nothwendig zuvor durch Versuche ermittelt werden.

Wird regelmäßig erstarrter Gyps in Wasser gelegt, so wird er nach und nach weich und zerfällt endlich. Bei'm Erhärten dehnt sich der Gyps um ungefähr 1 Procent aus, was sehr günstig zu scharfer Ausfüllung der Formen einwirkt.

Wohnen dem Anmach-Wasser salinische Theile bei, so findet so gut Erstarrung statt, wie bei reinem Wasser, ohne daß ein anderer Grad der Härte dadurch bewirkt wird. Lösungen von kohlensaurem,

schwefelsaurem, kieselsaurem Kali bewirken jedoch eine weit schnellere Erhärtung, und bei weinsaurem Natronkali erfolgt sie augenblicklich. Doppeltkohlensaures Kali wird vom Gyps zersetzt, indem Kohlensäure entweicht; Aetzkali zerlegt einen Theil des Gypses, worauf in beiden Fällen Erstarrung folgt. Chlorsaures, salpetersaures Kali und die Natronsalze thun diese Wirkung nicht.

Aus dem Obengesagten geht hervor, daß der Gyps nur in dem Innern der Gebäude, oder wo er Schutz gegen Feuchtigkeit hat, benutzt werden kann.

Bei'm Anmachen des Gypses zum Mörtel thut man zuerst Wasser in die Gelte und schüttet den Gyps ein, bis er der Oberfläche des Wassers ziemlich gleich steht. Er wird dann sofort mit einer kupfernen Kelle (eine eiserne oxydirt schnell) zu einem gleichmäßigen Brei gerührt und verwendet, bevor er zu erstarren beginnt.

Je kräftiger der Gyps, desto schneller muß er gerührt werden, damit man Zeit zum Verbrauch behalte, bevor er bindet. Bei jedesmaligem Anmachen hat man den gebundenen Gyps aus der Gelte mit der Kelle zu entfernen.

Mauern mit Gypsmörtel gespeis't, können gleich berappt werden, welches man bei Kalkmörtel nicht wagen darf. Besonders nützlich ist der Gebrauch des erstern bei Verblendung von Holzbau, da er nicht so schädlich auf das Holz einwirkt, wie der Aetzkalk.

Bei'm Formguß gießt man zuerst das nöthige Wasser in das Gefäß, schüttet hierauf die gehörige Quantität Gypsmehl in Kegelform in der Mitte ein und rührt dann alsbald zusammen. Ein zu langes Rühren schadet der Bindekraft.

Digitized by Google

§. 97. Von dem Härten und Alaunisiren des Gypses. Außer dem Härten durch Leimzusatz bei'm Stucco, erhält man schon dadurch mehr Festigkeit, wenn man, nach Tissot, den völlig erhärteten Gyps mehrmals abwechselnd in Wasser taucht und wieder trocknet. Es scheint dadurch eine Krystallisation im Innern bewirkt zu werden, welche die Partikel enger verkittet.

Eine weit beträchtlichere Härte erlangt der Gyps durch Alaunisiren, wobei man zwei abweichende Methoden befolgt. Bei der einen, von Pauware angegebenen, behandelt man fertige Gypsgüsse mit Alaunlösung. So wurde eine große Gypsbüste einen Monat lang in eine Lösung von eisenfreiem Alaun in 12 bis 13 Theilen Wasser von 15° C. gelegt, dann abgespült und im warmen Luftstrome getrocknet.

Sie ließ sich nunmehr nicht mit dem Nagel rizzen und färbte nicht mehr ab, ertrug sogar starke Schläge mit einem Hammer, ohne zu zerbrechen. Dagegen zeigte sie eine fleckige, in's Graue stechende Farbe, und eine Empfindlichkeit gegen Feuchtigkeit, die so weit ging, daß sie in Wasser gesenkt, leicht Eindrücke der Finger annahm.

Nach der zweiten, von Greenwood verbesserten, besonders in Paris befolgten Methode, brennt man den Gyps in einem Reverbirofen, der mit heißer Luft geheizt wird, wobei man die reinsten Gypsstücke auswählt. Nach erhaltener Gare und Erkalten schüttet man die Stücke in große, hölzerne, offene und mit Löchern versehene Kästen und taucht diese unter in eine Lösung von 10 Theilen Wasser auf 100 Theile Alaun, worin sie etliche Minuten bleiben. Man läßt die Kästen einige Zeit abtropfen, schüttet sie auf eine gepflasterte Tenne aus und bringt den Gyps nach dem Trocknen wieder in den Ofen, wo

man ihm eine stärkere Hitze als das erste Mal giebt die bis zum Rothglühen gesteigert wird.

Nach dem Erkalten wird der Gyps gemahlen und gebeutelt. Elsner hat hierüber wichtige Erfahrungen in Dingler's polytechnischem Journale u. a. bekannt gemacht. Nach ihm kann man gebrannten fein gepülverten Gyps wie oben mit der Alaunlösung anrühren und zum zweiten Male im Gypsofen oder im Tiegel bei Rothglühhitze brennen, wobei auf eine gleichmäßige Temperatur wesentlich zu halten ist.

Dieser Gyps hat ein mattes, milchweißes oder schwach gelbliches Ansehen. Bei zu starker Hitze werden die Steine an den Kanten steinhart und sind todtgebrannt.

Richtig gebrannter Alaun-Gyps erstarrt eben so leicht wie gewöhnlicher Gyps. Der alaunisirte Gyps darf nicht mit bloßem Wasser, sondern mit einer Lösung von $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{13}$ Alaun angemacht werden, wodurch erst eine bemerkenswerthe Härte hervortritt, die der des Alabasters und Marmors gleich kommt, wiewohl die Güsse etwas länger feucht bleiben. Sie erhalten an den dünnen Theilen und Kanten selbst eine Art von Durchscheinheit; dickere Platten sind kaum mit Hammerschlägen zu zertrümmern. Die Flächen nehmen eine gute Politur an und bleiben, Monate lang allen Einflüssen der Witterung, selbst im Winter, ausgesetzt, unversehrt und ohne an Härte zu verlieren.

Auch können die geformten Gegenstände mit nassen Tüchern abgewaschen werden; ja weder Eintauchen in kaltes, oder stundenlanges Liegen in kochendem Wasser vermag dem gehärteten Gyps etwas von seiner Härte zu nehmen.

Neuerdings hat man diese Alaunisirung in Paris noch dahin verändert, daß man den rohen Gyps

mit dem Alaun in Pulverform mengt und dann nur einmal brennt, wodurch viel Brennstoff und Arbeitslohn erspart wird.

§. 98. Das Enkaustiren von Gypsgegenständen. Unter dem Enkaustiren von Gypsgüssen ꝛc. versteht man, denselben ein schönes weißes, marmorähnliches Ansehen und die Eigenschaft mitzutheilen, sich abwaschen zu lassen und nicht leicht Ritze anzunehmen.

Man schneidet ¼ Pfund Stearin und ¼ Pfund venetianische Seife klein und thut es in 1¼ Quart Lauge.

Diese Mischung wird kalt über Feuer gesetzt und gegen ½ Stunde lang unter anhaltendem Umrühren gekocht. So oft die Masse steigt, welches leicht erfolgt, schreckt man sie mit kalter Lauge ab.

Hierauf giebt man die Pottasche, die man zuvor mit etwas Regenwasser angefeuchtet hat, hinzu und läßt sie noch gegen 5 Minuten mit kochen, während man ununterbrochen rührt. Dann wird der Topf vom Feuer gehoben und bis zum Erkalten fortgerührt; hierauf aber noch so lange kalte Lauge nachgegossen, bis die Mischung ganz dünnflüssig geworden und, ohne sich zu ziehen noch zu gerinnen vom Rührstock abfließt. Vor dem Gebrauche muß die Masse ungefähr 3 Tage wohl verdeckt gestanden haben; sie läßt sich Jahre lang aufbewahren.

Vor dem Enkaustiren ist es nothwendig, daß die Flächen von Staub vollkommen gereinigt, Flecken aber mit Schafthalm oder klarem Bimsstein wohl abgerieben werden.

Man trägt die Flüssigkeit mit einem dicken Pinsel auf, so lange der Gyps sie einsaugt. Ist der Ueberzug trocken, so reibt man ihn mit einer weichen Bürste oder Handschuhleder sanft ab. Zeigt sich da-

Digitized by Google

bei noch kein Glanz, ſo wiederholt man das Ueberſtreichen.

§. 99. John Keating erhielt in England auf folgendes Verfahren, Gyps zu härten, im Jahre 1848 ein Patent: er erhitzt Gypsſteine, bis ſie das Kryſtallwaſſer verlohren haben und verbindet ſie dann auf nachſtehende Weiſe mit Borax:

Er weicht 5 Pfund Borax mit 30 Pfund Waſſer ein, ſetzt dann noch 30 Pfund Waſſer zu und läßt die Flüſſigkeit unter öfterm Umrühren einen Tag ſtehen.

Man kann ihr auch 5 Pfund Weinſtein in 60 Pfund Waſſer eingerührt beimiſchen, wo ſich dann ein Doppelſalz (bor-weinſteinſaures Natron)' bildet, womit ein noch beſſeres Reſultat erzielt wird.

In dieſe Auflöſung bringt er die gebrannten rohen Gypsſtücke, ſo daß ſie ganz bedeckt eintauchen, und läßt ſie ſo lange darin liegen, bis ſie durch und durch damit getränkt ſind. Dieſe Stücke kommen dann 6 Stunden lang in einen Ofen, welcher auf die bei Tageslicht ſichtbare Rothglühhitze geheizt iſt; man nimmt ſie nach Verlauf dieſer Zeit aus dem Ofen, läßt ſie erkalten und pulveriſirt ſie wie andere Cemente.

§. 100. Chemiſche Analyſe des Gypſes. Man pulveriſirt ein Stück Gypsſtein und ſchüttet das Pulver in einen gläſernen Kolben, der zur Hälfte mit deſtillirtem Waſſer angefüllt iſt. Dieſes Gemiſch läßt man ½ Stunde lang über einer Spirituslampe kochen und filtrirt durch Papier. Die abgelaufene Flüſſigkeit wird nun in zwei Gläſer vertheilt; in dem einen einige Tropfen ſalzſaure oder ſalpeterſaure Barytlöſung, in dem andern ſauerkleeſaures Ammoniak zugeſetzt; in dem erſten entſteht dadurch ein Nieder-

Digitized by Google

schlag, welcher die Schwefelsäure, in dem andern dergleichen, der den Kalk anzeigt.

Oder: man behandelt den Gyps mit verdünnter Salzsäure, welche ihn mit Aufbrausen auflöst, weil der darin enthaltene basisch-kohlensaure Kalk zersetzt wird, und läßt die Flüssigkeit bis zur Trocknis verdunsten. Wenn das Uebrigbleibende mit Alkohol übergossen wird, so löst dieser den chlorsauren Kalk und ein wenig chlorsaures Eisen, welches dem Eisenoxyd entstammt. Der vom Alkohol ungelöste Theil ist der abgeschiedene schwefelsaure Kalk.

Man schlägt nun aus der Flüssigkeit das Eisen durch Ammoniak nieder, filtrirt und setzt der Flüssigkeit eine Auflösung von neutralem kohlensaurem Natron (Sodasalz) bis zu einem geringen Ueberschuß zu, wodurch man einen Niederschlag erhält, welcher den ganzen Kalkgehalt in basisch-kohlensaurer Verbindung begreift. Es genügt, diesen Niederschlag auf einem Filter zu sammeln und ihn bei 100° Wärme zu trocknen, um das Gewicht des basisch-kohlensauren Kalks zu ermitteln, der in dem Gypsstein enthalten ist.

Der dichte Gyps enthält immer gegen 12 Procent kohlensauren Kalk.

Digitized by Google

Zweite Abtheilung.

Von der Zusammensetzung der Mörtel, Bétons, Mastics ꝛc.

Erstes Capitel.

Von den Bestandtheilen, die zum Mörtel ꝛc. gehören.

Erster Abschnitt.

Von dem Wasser.

§. 101. Das zum Löschen des Kalks, zum Anmachen des Gypses, zur Bereitung des Mörtels geeignete Wasser soll stets ein möglichst reines sein, zumal soll man kein Meerwasser verwenden, noch weniger Brakwasser, indem man die Ueberzeugung gewonnen hat, daß die Mörtel, die mit dergleichen Wasser bereitet worden, von weit geringerer Qualität, als die mit süßem Wasser angemachten seien.

Digitized by Google

Das Flußwasser soll, nach Fleuret, dem Quellwasser vorzuziehen sein, wenn man sich überzeugt hat, daß es nicht mineralisch ist. Faye hat beobachtet, daß, wenn man in den nördlich gelegenen Vierteln von Paris den Kalk mit Brunnenwasser löscht, welches Selenit führt, den es aus den durchzogenen Gypslagern aufnimmt, die Schwefelsäure sich mit den Alkalien des Kalks verbindet und die Cohärenz des Mörtels hindert.

Es scheint, daß diese schädliche Wirkung entkräftet wird, wenn man dergleichen Wasser einige Zeit an der Luft abstehen läßt; und es ist zu rathen, daß man diese Vorsicht brauche, wenn in der Nähe eines Bauplatzes kein anderes Wasser aufzufinden ist.

Da der Kalk nur bei seiner Zertheilung zur Aufnahme von Kohlensäure geschickt wird, ein hartes oder unreines Wasser aber dieser entgegentritt und verhindert, daß die Kohlensäure gleichmäßig allen Theilen zugänglich werde: so verursacht ein solches schlechtes Wasser, daß die Krystallisation nur unregelmäßig und unvollkommen vor sich geht, und der Mörtel austrocknet und zerreiblich bleibt. Gräbt man daher nach Wasser, so muß man dieses prüfen, nur ein helles verwenden, auf keinen Fall aber stagnirendes Wasser eines Sumpfes oder aus Straßencanälen brauchen.

Reines Wasser im absoluten Sinne ist nirgends in der Natur anzutreffen. Als Quellwasser hat es Kohlensäure und dadurch aufgelöf'ten Kalk, wohl auch Gyps aufgenommen. Häufig ist es mit Mineraltheilen und Salzen, dabei noch mit anderen Stoffen geschwängert. Das reinste natürliche ist das Regen- und Schneewasser.

Bei'm Löschen des Kalks steht daher das Regenwasser obenan, dann folgt das Flußwasser, welches

Digitized by Google

härter *) ist; Quellwasser, als das härteste, ist dazu am untauglichsten.

Nach Forster soll man im Verhältniß von 1 Quart Wasser und 2 Loth Aetzkalk eine Kalkmilch bilden, in dieser einige Zeit den Kalkrahm absetzen lassen und das abgegossene klare Kalkwasser zum Löschen nehmen.

Die Anlegung von Cisternen zur Ansammlung des Regenwassers ist bei dergleichen Umständen zu empfehlen.

Von jeher hat man die Anwendung von Meerwasser bei Bereitung des Mörtels verworfen; doch ist das Princip kein unbedingtes.

Ausgemacht ist, daß der mit diesem Wasser angemachte Mörtel viel langsamer austrocknet und auf der Mauerfläche eine ziemliche Zeit lang salzige Auswitterungen erzeugt, weshalb man es in keinem Falle bei Mörteln anwenden darf, die zu dem Bau von Wohnhäusern gebraucht werden. Dieser Uebelstand kommt jedoch nicht in Betracht bei Futtermauern oder Uferbekleidungen; und man könnte, wenn das Meerwasser dem Mörtel mehr Festigkeit gewährte, dieses in diesem Falle vorzugsweise anwenden.

Belidor führt Arbeiten an, wobei er mit Erfolg Mörtel verbrauchte, der mit Meerwasser bereitet war; dagegen wieder andere, wo sich bei gleicher Anwendung sehr abweichende Resultate ergaben.

Gratien-Lepère giebt in seiner „Sammlung von Erfahrungen bei Hafenbauten von Cherbourg" dem Meerwasser bei'm Löschen des Kalks zu Bétons sogar den Vorzug. Smeaton hat bei dem Bau des Edystoner Leuchtthurms in einer Reihe von

*) Man nennt Wasser „harte", welche, wegen der reichlich enthaltenden Kalksalze, Seife zersetzen; „weiche" dagegen, worin sich Seife ohne Trübung (Flocken) auflöst.

Versuchen die Erfahrung gemacht, daß das Meerwasser bei weitem vortheilhafter zur Bereitung des Mörtels, als das süße Wasser war. Dasselbe Resultat ist bei den zahlreichen Bauten von Vliessingen und bei mehreren Festungsanlagen, die von dem Meere bespült werden, gemacht worden; es wurde dabei weder zu Traß- noch zu ordinärem Mörtel anderes, als Meerwasser benutzt, und dennoch hatten die Mörtel in kurzer Zeit eine solche Härte erlangt, daß die Wogen, welche die Ziegeln angriffen und zerstörten, keine Wirkung auf die Fugen hatten, die gleich Wulsten jeden Ziegel der Verkleidung einfaßten.

Der Ingenieur-General Michaux hat ein ähnliches Resultat auf der Insel Elba erhalten, und endlich hat der Ingenieur-General Treussart, von dem später noch öfter die Rede sein wird, Erfahrungen hierüber mitgetheilt, welche diese Meinung vollkommen bestätigen.

Aus allem diesem scheint zu folgen, daß die Anwendung des Meerwassers unter gewissen Umständen, in Bezug auf die Festigkeit der Constructionen, vortheilhaft sein kann. Die Ersparniß, die in solchen Fällen immer damit verbunden ist, kann Veranlassung sein, sich bei'm Bereiten des Mörtels nicht ausschließlich des süßen Wassers zu bedienen.

§. 102. Kalk löſ't sich, nach Davy, in 450, nach Phillips in 750 Theilen Wasser von 20° auf; kochendes Wasser gehören 1280 Theile dazu, um einen Theil Kalk zu lösen.

Das Löschen erfordert, je nach der Beschaffenheit des Kalks, eine verschiedene Menge Wassers; recht gut und gar gebrannter Kalk verlangt durchschnittlich auf 3 Volumen 4 Volumentheile Wasser; auf 1 Pfund Kalk $2\frac{2}{3}$ Pfund Wasser.

Nach Raucourt braucht man für Steintrümmer oder Rollsteine von 0,027 bis 0,04 Meter

Durchmesser, wie man zum Béton nimmt, auf einen Raumtheil Steine einen halben Theil und mehr Wasser; für Sand und Kies von 0,011 bis 0,14 Meter Durchmesser einen halben Theil Wasser; für groben Sand von 0,002 bis 0,0045 Durchmesser $\frac{5}{12}$ Theile; für mittlern Sand von 0,001 Durchmesser $\frac{2}{3}$; für feinen Sand von 0,00023 Durchmesser $\frac{1}{3}$, und für Triebsand und Erde $\frac{2}{7}$ Raumtheile Wasser.

Zweiter Abschnitt.

Von dem Sande.

§. 103. Der Kalk ohne Beischlag erhärtet wohl, wenn er mit Wasser zu Brei gemacht als Mörtel verwendet wird, an sich, aber nur zu einer mürben Masse von geringem Zusammenhange, welche unfähig ist, die Steine zu verbinden, zumal, wenn die Kalklage nicht sehr dünn ist, wie bei aufeinander geriebenen Steinen. Durch Einmengen von körnigen, steinartigen Substanzen, die sich durch ihre polyedrische Gestaltung so ineinander setzen, daß der Kalk nur die subtilen Zwischenräume auszufüllen hat, wird verhindert, daß letzterer in dickeren Lagen bei Ausfüllung der Fugen zusammentritt; er wird dann an den fremdartigen Körpern fest haften und deren Flächen scharf verkitten.

Hierin liegt nicht allein der Grund zum Zuschlag des Sandes ꝛc. zum Mörtel, sondern auch der Vorzug des scharfeckigen Sandes gegen den abgeführten von globularer Form, indem letzterer bei weitem mehr Masse von Zwischenräumen bietet.

An eine chemische Einwirkung des Sandes auf den Kalk im Mörtel darf man nicht denken.

Digitized by Google

Man soll sich daher bei Anfertigung von Mörteln nur eines Sandes bedienen, der nicht erdig ist, es mag Gruben- oder Flußsand sein, sich scharf anfühlen läßt und in der Hand knirscht. Vorzüglich ist thoniger Sand zu meiden, der mit Wasser einen Teig bildet. Wird man genöthigt, sich des Meersandes zu bedienen, dann muß man ihn bei Zeiten in Haufen von 1 Fuß Höhe aufschichten und ihn vom Regen auswaschen und ausziehen lassen. Zuweilen ist man auch zum Waschen und Schlemmen des erdigen Sandes gezwungen. Der aus Flußbetten gehobene Sand muß stets durchgeworfen werden, um Steine und fremde Körper zu entfernen. Der dadurch entstehende Aufwand gehört zu dem Anschaffungspreise des Sandes, der nach Cubikmetern oder Cubikfußen bezahlt uno auf dem Bauplatze zugemessen wird, wobei Gräberlohn, Durchwerfen und Transport in Eins zu rechnen ist.

Sand, vom Pülvern des Sandsteins gewonnen, darf nur im dringlichsten Falle verwendet werden.

Die Beschaffenheit des Sandes hat so gut, wie die des Kalks, Einfluß auf Güte des Mörtels. Rondelet meint, daß unter dem Sande gleicher Art diejenigen von dunklerer Farbe (ausgenommen Gelb) die besseren sind; dies mag jedoch nicht immer der Fall sein.

Man muß daher den Sand, abgesehen von seinen äußeren Eigenschaften, einer Prüfung unterwerfen, die hauptsächlich auf die Beschaffenheit des Mörtels gerichtet ist, der mit ihm beschickt wird.

Aus den Untersuchungen von Vicat geht hervor: daß das Quarzartige des Sandes nichts beiträgt, die Cohäsionskraft eines Kalks zu vermehren, wie man früher glaubte; einigen Kalken ist er zuträglich, anderen nachtheilig, und unter den Mittel-

sorten sind welche, die die Festigkeit des Mörtels weder vermehren, noch vermindern.

Derselbe hat Versuche gemacht, um den Einfluß zu ermitteln, den die Größe des Korns eines vorzüglich kieselartigen Sandes auf den Widerstand der Mörtel hat, welche der Luft ausgesetzt und aus Kalk gemischt wurden, der durch Untertauchen gelöscht war, und gefunden, daß die erhaltenen Resultate sich denen ohne Verschiedenheit anschließen, wo der Kalk auf die beiden anderen Arten gelöscht war.

Er rangirt den Sand, seiner Vorzüge nach, in folgende Classen:

Für vorzüglich hydraulische Kalke: 1) die feinen Sande; 2) die Sande mit ungleichem Korn, oder ein Gemenge von grobem und feinem Sand, oder von letzterem und Grus; 3) den groben Sand.

Für die gemeinen Mörtel, die fett und sehr fett sind, taugen: 1) der grobe Sand; 2) der gemischte und 3) der feine Sand.

Oefters theilt man den Sand in Grand oder Grus, groben und feinen Sand ein. Quarzsand, dessen Körner durch ein Sieb gehen, das $\frac{1}{8}$ Zoll weite Maschen hat, und in einem Siebe mit $\frac{1}{16}$ Zoll weiten Maschen bleiben, heißt Grand; der Sand, welcher durch ein Sieb mit $\frac{1}{16}$ Zoll weiten Oeffnungen, aber nicht durch Maschen von $\frac{1}{32}$ Zoll fällt, heißt grober und endlich der durch ein Sieb mit $\frac{1}{32}$ Zoll weiten Maschen geht, ist feiner Sand.

§. 104. Als Verschiedenheiten des Sandes rechnet man in'sbesondere:

1) den Flugsand — aus sehr leichten, feinen, mit Kalk und Thon gemischten Quarzkörnern bestehend, so leicht und lose, daß sie vom Winde bewegt werden; er gehört zu dem schlechtesten Mauersande;

2) Triebsand (Quellsand) — aus klaren, ungefärbten, sehr feinen runden Körnern, von Quellen aus der Tiefe emporgehoben, und meistens so stark vom Wasser durchströmt, daß er davon bewegt wird;

3) Grus (Grussand, Haidesand) — Fragmente verwitterten Granits, daher aus Quarz-, Feldspath- und Glimmerkörnern bestehend, — vorzüglich an den Ufern und im Bette großer Ströme. Gehört zu der gemeinsten Art.

4) Glimmersand — worin Glimmerkörner vorherrschen.

5) Perlsand — große, gleichförmige, rundliche, durchscheinende Quarzkörner.

6) Quicksand — ungefärbte, reine, bald runde, bald eckige Quarzkörner; vorzüglich im Meere, theils am Strande und längs der Küsten, oft auch mitten im festen Lande anzutreffen, wo ihn zuweilen Quellen heraufspülen.

Man rechnet manchmal den Sand 2) und 5) zu dem Quicksande.

7) Formsand — eine eigenthümliche Art von Sand, der aus sehr zarten Quarztheilen, mit Glimmer und fein zertheilten Erden gemengt ist; muß, mit Wasser, Bier angemacht, mit Kohlenstaub vermischt, einige plastische Eigenschaften annehmen, und dient zu Gießarbeiten.

§. 105. Die Unterscheidung des Sandes nach seinen Bestandtheilen ist: in kalkigen oder kalkhaltigen, quarzigen, glimmerreichen, thonigen, eisenschüssigen, vulkanischen ꝛc.

Der kalkhaltige Sand ist eine Mengung von Quarzkörnern mit Kalksteintheilen; oft herrschen letztere vor, wenn er aus verwitterten Kalkfelsen hervorgegangen ist.

Digitized by Google

Der quarzige Sand besteht beinahe nur aus Quarz- (Kiesel-) körnern.

Der Glimmersand ist ein Educt verwitterten Granits, Glimmerschiefers, Chloritschiefers und anderer glimmerreichen Steinarten.

Bei dem thonigen Sande sind die Quarzkörner stark mit Thon gemengt. Wenn dieser Thon viel Eisenoxyde enthält, entsteht eisenschüssiger Sand.

Vulkanischen Sand findet man in der Nähe alter oder neuer Vulkane. Oft ist er eine verwitterte Lava.

Neuere Erfahrungen haben die älteren zum Theil bestätigt, wie auch das Löschen bewirkt werden mag. Dagegen hat St. Léger gefunden, daß gegen die allgemeine Annahme der Sand, dessen man sich in Paris bedient, einen bessern Mörtel giebt, wenn man sich bemüht, ihn vor dem Waschen von den feineren Sandpartikeln durch Sieben zu befreien. Uebrigens muß man allen Sand, der mit Erdtheilen gemengt ist, tüchtig waschen und auslaugen.

Die von Vicat aufgestellten Resultate für den Quarzsand gelten auch für die kalkigen und vulkanischen Sande.

In Bezug auf den Sand aus dem Meere und den Flüssen und den Grubensand giebt man unter übrigen gleichen Umständen dem letztern noch insofern den Vorzug, als er schärfer ist.

Was aber das Auslaugen des Meersandes betrifft, so müssen über dessen Zweckmäßigkeit weitere Erfahrungen entscheiden, indem, wie bemerkt, nach den Erfahrungen von Treussart das Seesalz zuweilen sehr günstig auf den hydraulischen Mörtel einwirkt. Auch von Anderen ist häufig Gebrauch von unausgelaugtem Meersande gemacht worden,

Digitized by Google

ohne daß der Mörtel sich geringer, als mit ausgewaschenem gezeigt hätte.

Aus dem Obigen ist klar, daß ein eckiger scharfer Sand zum schnellern und festern Binden des Kalks beiträgt. In dieser Beziehung wird der Grubensand immer bessere Dienste thun, als Flußsand. Es ist nämlich der erstere in Folge der Erdrevolutionen eher abgesetzt worden, bevor ihn das Abschleifen der Kanten und Ecken durch das Rollen in den Gewässern hat treffen können. Dagegen sind ihm aber mehr fremde, erdartige, animale und vegetabile Theile beigemengt.

§. 106. Bei der Zusammensetzung von Mörtel liegt daran, das Verhältniß der Zwischenräume zu dem des massigen Sandes zu kennen. Man erfährt dieses (wie auch bei unregelmäßigen Steinen), wenn man ein tarirtes Gefäß mit Sand gestrichen füllt, dann allmählig so viel genau abgemessenes Wasser zugießt, bis es dem Rande des Gefäßes gleich steht. Der Rauminhalt des zugegossenen Wassers ist gleich den Zwischenräumen des Sandes.

In allen Fällen, wo man es mit einem magern Sande zu thun hat, der das Wasser leicht verschluckt, ist es gut, ihn vor dem Mengen zum Kalk etwas anzufeuchten, welches denselben Erfolg hat, wie das Annässen der Steine bei'm Mauern.

Verhältnisse für gemischte Sande, nach Raucourt.

Erprobte Zusammensetzung.				Raumtheile Sand.	Raumtheile Kalk oder Cement.
Béton oder mit Steinen vermengter Mörtel.	Rollsteine . . .	20		27	6 + *)
	Grober Sand	1	7		
	Mittler Sand	2			
	Feiner Sand	4			
Mörtel aus Kiessand.	Kies	20		26	6 + *)
	Mittler Sand	2	.		
	Feiner Sand	4			
Mörtel aus grobem Sand.	Grober Sand	20	.	25	7
	Feiner Sand	5			
Mörtel aus mittlerem Sand.	Mittler Sand	20	.	25	7
	Feiner Sand	5			

Dritter Abschnitt.

Von dem Cendrée.

Der unter dem Namen „cendrée“ sehr geschätzte Wassermörtel von Tournay wird aus den Abfällen gemacht, welche dort bei'm Brennen des Liaskalkes erhalten werden. Diese Abfälle, die nach

*) Nebst einer Kalkzugabe, die gleich der Hälfte der Raumvermehrung der Mischung ist.

Bei dem feinen Sande fügt man, wenn der Raum der Mischung wächst, einen Raumtheil Kalk gleich dem der Vermehrung hinzu.

Digitized by Google

dem Ziehen des Stückkalkes zurückbleiben, bestehen aus kleinen Kalkstückchen und der Asche, woran die dort verwendete Kohle sehr reich ist, ungefähr im Verhältniß von 1 : 3. Das Gemenge wird mit wenig Wasser gelöscht und vor dem Anwenden tüchtig geschlagen und durchknetet.

Vierter Abschnitt.

Von der Steinkohlenasche (Schlacken).

§. 108. Die Steinkohlenschlacken können von Privatheizungen, Werkstätten, Brau- oder Brennereien, Hammerschmieden ꝛc. bezogen werden.

Die einen wie die anderen müssen rein, frei von Holzkohlen, gekleint und gesiebt sein. Ihr Transport darf nur bei trockner Witterung geschehen, und sie müssen in bedeckten Schuppen aufbewahrt werden, wo sie keine Feuchtigkeit trifft.

Die Versuche von Vicat haben gezeigt, daß die Asche von Steinkohlen, die bei einem ganz langsamen Feuer zu Asche reducirt waren, zum Mörtel vorzüglicher ist, als solche, die in den Zustand von festen oder bröcklichen, schweren oder leichteren Schlakken gebracht war.

Fünfter Abschnitt.

Von der Holzasche.

§. 109. Die Asche aller Holzarten kann ebenfalls zur Bereitung eines Mörtels verwendet werden,

Digitized by Google

der zu Arbeiten anwendbar ist, die dem Wechsel von Nässe und Trockniß ausgesetzt sind.

Die ihr beiwohnenden Kiesel- und Salztheile können zuweilen günstig auf die Qualität des Mörtels wirken.

Sechster Abschnitt.

Von den Schmiedeschlacken.

§. 110. Die gepülverte Schmiedeschlacke, mit dem Hammerschlage vermischt, ist ein guter Beischlag. Man schlägt sie durch ein Drahtsieb, dessen Maschen weiter sind, als daß die durchfallenden Körner die Größe von Geschützpulver haben.

Siebenter Abschnitt.

Von den Hohöfenschlacken.

§. 111. Die Schlacken der Hohöfen geben, fein gepülvert, dem gebrannten Kalk als Kieselcemente zugesetzt, einen sehr guten hydraulischen Mörtel. Dr. Elsner hat sich von dieser Eigenschaft durch gründliche Versuche überzeugt. Die dazu angewandten Schlacken waren sehr gleichförmig geflossen, zeigten Glashärte und grünliche Färbung, welche von einem geringen Gehalte an Schwefeleisen herrührt.

Wird die fein gepülverte Schlacke mit wenig Salzsäure übergossen, so erstarrt sie sehr bald zu einer zusammenhängenden, durchscheinenden gallertartigen Masse.

Digitized by Google

Die Analyse ergab:

Kieselerde	40,12
Thonerde	15,37
Kalkerde	36,02

als wesentliche Bestandtheile, und an 10,00 unwesentliche, wie Mangan-, Eisenoxydul ꝛc., ist also ein Kalk-Thonerde-Silicat, wobei die drittelkieselsaure Doppelverbindung der vorwaltende Bestandtheil ist.

Die Schlacke läßt sich völlig durch Salzsäure aufschließen; sie enthält sonach die Kieselerde gerade in einem solchen Aggregat-Zustande, welcher dieselbe vorzugsweise geeignet macht, mit gebranntem Kalk in Wechselwirkung gebracht einen guten hydraulischen Mörtel zu liefern. Die Zusammensetzung der Schlacke ähnelt der des Prehnits und der zeolithartigen Fossilien, die, nach dem Brennen dem Kalke zugesetzt, ganz vorzügliche hydraulische Mörtel geben.

Wegen sehr verschiedenartiger Natur sind jedoch die Hohofenschlacken in Bezug ihrer Brauchbarkeit zu obigem Zwecke einer Prüfung zu unterziehen. Man übergießt sie fein gepülvert in einem Glase mit wenig reiner Salzsäure; erstarrt die Flüssigkeit in kurzer Zeit zu einer gallertartigen, durchsichtigen Masse, so ist die untersuchte Schlacke vorzugsweise geeignet, bei Anfertigung von hydraulischem Mörtel als Kieselcement zu dienen.

Auch einige Rohkupferschlacken verhalten sich ähnlich, und eine dergleichen aus den Mannsfelder Gruben enthielt gegen 48 Procent durch Salzsäure aufschließbare Kieselerde, welches sie ebenfalls als brauchbar zu jenem Zwecke bezeichnet. Es taugen daher Schlacken mit hohem Eisengehalte und weniger Kieselerde (Frischschlacken) nicht zum Erhärten des Kalks; dagegen zeigen sich Schlacken mit wenig Eisen und viel Kieselerde (Hohofenschlacken) sehr wirksam.

Digitized by Google

Achter Abschnitt.

Von dem Traß.

§. 112. Das als Traß im Handel vorkommende Produkt ist ein gepochter und gemahlener Duckstein.

Dieser, eine erdige, schmuziggelbe, in's Graue und Braune ziehende, poröse, auch mehr oder weniger dichte Masse ist mit der italienischen Puzzolane nahe verwandt; beide sind ein vom Wasser angeschwemmtes Conglomerat aus Trümmern vulkanischer Gesteine; häufig Geschiebe von Basalt, Bimsstein, Trachyt, Thonschiefer einschließend. Daher der Zusammenhang der Puzzolane mit dem Vesuv, des rheinischen Traß mit den Vulkanen der Eifel. Der Traß im Brohlthal bei Andernach ist aus den trachytischen Gebirgen der Umgebung hervorgegangen und bildet sehr mächtige, Thäler ausfüllende Bänke eines mürben, zerreiblichen Gesteins, von 10 bis 20 Fuß Stärke. Er ist in den Schiefergebilden des Rheinufers eingelagert, besonders im Brohlthale, Rotterthale, in der Gegend von Andernach, bei Pleit, Rheinbrohl, Cruft, Tönisstein, in Baiern zu Monheim; im Norden von Irland.

Am Rhein wurden die Ausgrabungen schon von den Römern aufgenommen und sind ununterbrochen bis jetzt fortgesetzt worden.

Der holländische Traß hat den gleichen Fundort und wird dort nur zu seinem Pulver verarbeitet, um von Dortrecht, Rotterdam aus in Tonnen versendet zu werden. Eine dergleichen Tonne von 5 Cubikfuß Inhalt kostet gegen $1\frac{1}{4}$ Thaler.

Im Magdeburgischen, bei Jaberstädt gräbt man einen Tuffstein, der, nach dem Lufttrocknen in gewöhnlichen Backöfen vollkommen getrocknet, klein ge-

Digitized by Google

stampft, gesiebt und in Tonnen versandt wird. Er kommt aber dem Cölnischen Traß nicht gleich.

Aehnliche cementartige Fossile, womit es lohnen könnte, Versuche zu machen, trifft man noch in mehreren Gegenden. Namentlich soll es in dem basaltischen (Trapp-) Gebirge, Landeskrone bei Görlitz, am Steinberge bei Lauban, Spitzberg bei Heidersdorf, bei Schönberg, Dittersbach, Herrnhut ꝛc. mehrere Lager ähnlicher Fossile geben. Bei Bockenheim unweit Frankfurt a. M. wird eine poröse schwarzgraue Lava gebrochen, wovon die Bausteinbrocken zerstoßen und als Traß verkauft werden.

Der Traß läßt sich chemisch in zwei Silicate zerlegen, das eine ist in Salzsäure ohne Weiteres aufschließbar, das andere nicht.

In dem aufschließbaren sind die wesentlicheren Bestandtheile: Kieselerde 11,50; Eisenoxyd mit Spuren von Mangan; Thonerde 17,70; Kalkerde 3,16; 2,7 Alkalien. In den durch Salzsäure nicht aufschließbaren: Kieselerde 37,44; Eisenoxyd 0,57; Thonerde 1,25; Kalkerde 2,25; 1,2 Alkalien.

In beiden Gemengtheilen sind demnach alle Bedingungen eines hydraulischen Stoffes enthalten: Kieselerde (49 Procent), um den beigesetzten Aetzkalk zu binden, Thonerde (31 Procent) und Eisenoxyd, Alkali (4 Procent), die den allmähligen Uebertritt der Kieselerde an den Kalk befördern und erleichtern, und die Kieselerde ist schon in dem aufgeschlossenen Zustande, in welchem andere Silicate erst durch Glühen mit Kalk versetzt werden.

Bei einer Analyse von Elsner eines Traß von Andernach ergab sich zuerst, daß in 100 Theilen desselben 49,007 in Salzsäure aufschließbare und 42,980 nicht aufschließbare Silicate (dabei noch 7,656 Wasser mit Ammoniak) enthalten waren. Diese Antheile bestanden aus:

Digitized by Google

	Aufschließbarer Antheil.	Nicht aufschließbarer Antheil.
Kieselerde	11,500	37,438
Eisenoxyd mit Spuren von Manganoxyd	11,772	0,537
Thonerde	17,700	1,250
Kalkerde	3,156	2,251
Bittererde . . .	2,148	0,272
Kali	0,294	0,077
Natron	2,437	1,119
	49,007	42,980.

Der durch Salzsäure aufgeschlossene Antheil enthält also bei weitem mehr Basen, als der andere, dessen vorwaltender Bestandtheil nur Kieselerde ist. Eine Puzzolane aus Sicilien ergab ein ähnliches Resultat und alle Bestandtheile des Traß.

§. 113. Es ist besser, den Traß kurz vor dem Gebrauche zu mahlen, da er durch Einwirkung der Luft an Kraft verliert, daher auch vortheilhafter, ihn massig zu kaufen, wie er aus den Gruben kommt. Die Echtheit des gemahlenen Traß zu erkennen, ist nicht leicht. In der Regel ist er von rothgrauer Farbe. Ballt man ihn in der Hand und taucht ihn unter Wasser, so darf auf der Oberfläche kein Staub schwimmend sich absondern und wenn man die Hand wieder aus dem Wasser zieht, nicht auseinanderfließen, sondern in Masse bleiben. Die beste Probe ist, daß man einen Mörtel von 1 Theil Traß, 1,5 Theile lebendigen Kalk und 0,5 Theile Wasser mischt. Die Mischung muß schnell unter Wasser erhärten, wenn der Traß gut ist.

Der Ankauf im Block ist die einzige Art, sich gegen Betrug nach Qualität und Quantität zu sichern; denn die Erfahrung hat gezeigt, daß, wenn man ganz trocknen Traß so viel anfeuchtet, als er

Digitized by Google

Feuchtigkeit bei'm Ausladen aus dem Schiffe enthält, er sich um ungefähr $\frac{6}{10}$ seines Volumens und $\frac{1}{7}$ seines Gewichts vermehrt.

Nach den Versuchen von Berthier und Fuchs bilden sich nun bei der Einwirkung des Kalkhydrats auf den Traß Verbindungen von Thonerde mit Kalk (worin Thonerde gleichsam als Säure, wie etwa im Spinell, Pleonast, Bleigummi ꝛc., auftritt) einerseits, und Verbindungen von Kieselerde mit Kalk andererseits, wodurch die Bedingungen zu einem hydraulischen Mörtel klar ausgesprochen sind.

Nach Treussart erhält man einen künstlichen Traß, der den von Andernach noch übertrifft, wenn man (überein mit dessen Analysen des rheinischen Traß)

Thonerde	28,00	Theile,
Kieselerde	57,00	„
kohlensauren Kalk .	6,50	„
Eisenoxyd	8,50	„

mit etwas Wasser zum Teig bildet und dann sechs Stunden lang in einem Reverberirofen gelind roth glühen läßt.

Neunter Abschnitt.

Von der vulkanischen Puzzolane.

§. 114. Puzzolane, Pozzolane, scheinbar gleichartig, graugelblich- oder röthlichbraun, matt, von großmuscheligem Bruche und häufig Trümmer von Bimsstein, Glimmer, Augit, Leuzit und Laven aller Art einschließend, von deutlicher Schichtung.

Posiliptuff, eine gelblichweiße oder gelblichgraue erdige sehr weiche Grundmasse, umschließt kleine

Digitized by Google

Stückchen von schwarzer poröser Lava und Bimsstein; vorzugsweise zwischen Puzzuoli und Neapel verbreitet; eine der obigen verwandte Masse.

Die Puzzolane ist ein von Vulkanen erzeugtes, von Wasser fortgeschwemmtes, an entfernteren Orten abgelagertes Product. Sie bildet zusammenhängende Hügel von ziemlicher Ausdehnung an der südlichen Seite der Apenninen, in der Gegend von Rom bis gegen die pontinischen Sümpfe und Viterbo, Bolsena; in der Gegend von Neapel, Puzzuoli; auch findet sich vulkanischer Tuff in Frankreich, in den Departements des Puy-de-Dôme, Cantal, Haute-Loire und Haute-Vienne.

Der beste wird von Civita-Vecchia bezogen. Nach Berthier besteht die italienische Puzzolane aus:

Kieselerde	44,5
Thonerde	15,0
Kalk	8,8
Magnesia	4,7
Kali	1,4
Natron	4,1
Eisen- und Titanoxyd . . .	12,0
Wasser	9,2

ist also dem rheinischen Traß ganz analog zusammengesetzt.

Eine Art Puzzolane von nicht vulkanischem Ursprunge ist in der neuesten Zeit von Sauvage im Departement der Ardennen entdeckt worden. Sie bedeckt daselbst die Thone des Gault, einer versteinerungführenden Ablagerung am Rande der Kreideformation. Sie ist von blaßgrauer, grünlicher Farbe, sehr weich und besteht, nach Sauvage, aus:

löslicher Kieselerde (gallertartige) . .	56
Thon	7
feinem Quarzsand	17
feinem grauen Kalk (Chlorit) . . .	12
Wasser	8

Digitized by Google

Die vorzügliche hydraulische Eigenschaft derselben ist durch Versuche von Vicat bestätigt.

Nach der muthmaßlichen Entstehung der Puzzolanen mußten sie nicht allein wegen der verschiedenen Feuergrade, sondern auch nach den verschiedenartigen Zusammensetzungen der gebrannten Substanzen, der längern oder kürzern Zeit, daß sie den Einwirkungen der Natur ausgesetzt waren und endlich nach den fremdartigen Beimengungen, als Dammerde, Salzen, die das Wasser ausgelaugt ꝛc., verschieden sein. Davon rührt sowohl der Unterschied der Puzzolanen verschiedener Fundörter, als auch von demselben Orte, nach der Tiefe der Ausgrabung und anderen localen Ursachen her, und es ist klar, daß man bei der Verwendung nicht nach den bekannt gemachten Analysen gehen darf, sondern sich von der Eigenschaft der erlangten Puzzolane — am besten durch Mörtelzusammensetzung im Kleinen — stets überzeugen muß.

Der Gebrauch der Puzzolane wird schon von Seneca, Isidor, Horaz, Plinius, auch Vitruv erwähnt, und es finden sich römische Baue, welche, gegen 16 Jahrhunderte alt, der Gewalt der Wellen getrotzt haben.

§. 115. Faujas de St. Fond stellt folgende Hauptgattungen der Puzzolane auf:

1) die dichte, bröckliche basaltartige Puzzolane, die aus hatter und fester Lava und Basalt besteht und in kleine Splitter und bröckliche Fragmente zerfallen ist;

2) die poröse Puzzolane, eine aus schwammiger, zerreiblicher, zu Staubmehl und kleinen irregulären Körnern verwandelte Lava. Sie ist die gewöhnliche in Italien sich findende;

3) die Puzzolane, die ihren Ursprung hauptsächlich vom Bimsstein herschreibt, aber seltener vorkommt.

Digitized by Google

4) Die thonige Puzzolane von röthlicher, gelbgrauer Farbe, dichter, weicher Masse, welche Körner und kleine Krystalle von schwarzem Schörl, auch Nester von vulkanischem Chrysolith einschließt und meistens an erloschenen zusammengefallenen Kratern getroffen wird.

5) Puzzolane, wo durch den Zutritt des Wassers bei Lavaströmen, die Masse zersetzt, mit fortgerissen und mit allerlei fremdartigen Theilen gemengt wurde. Dergleichen Ablagerungen sind gleichsam aus allen übrigen Puzzolanen zusammengesetzt.

Die Puzzolane wird für Deutschland immer ein zu theures Material bleiben, und wo nicht die Vorliebe für das Fremde herrscht, vollkommen durch die besseren Sorten des vaterländischen Traß oder der künstlichen hydraulischen Kalke ersetzt werden können.

6) Von dem Santorin. Ein Gemenge von verschiedenen zersetzten Kieselfossilien hat seinen Namen von der Insel Santorin*) im griechischen Archipel. Er ist ein vortreffliches Kieselcement für die Darstellung hydraulischen Mörtels und wird bei den Wasserbauten an der Küste von Dalmatien angewendet. Sein äußeres Ansehen ähnelt dem Traß des Brohlthales, von dem (wie von den vulcanischen Bomben und Laven) er sich aber chemisch dadurch wesentlich unterscheidet, daß nur ein höchst geringer Antheil durch Behandlung mit Salzsäure aufgeschlossen wird.

Die Analyse ergab:

Kieselerde	68,50
Eisenoxyd	5,50
Thonerde	13,31

*) Diese Insel besteht aus Bimsstein und ihr innerer Theil (ein ehemaliger Krater, jetzt dem Meere zugänglich) aus Trachyt.

Digitized by Google

Manganoxydul	0,73
Kalkerde	2,36
Kali, Natron und durch destill. Wasser ausziehbares Kochsalz, schwefels. Natron ꝛc.	8,15
hygrosc. Wasser . . .	1,45

Der Santorin unterscheidet sich ferner von dem Traß und Romancement darin, daß hydraulische Mörtel von demselben nur so lange hart bleiben, als sie stets unter Wasser bleiben. Bei Bauwerken mit veränderlichem Wasserstande löst er sich da, wo er abwechselnd naß und trocken wird, zu einer zerreiblichen Masse auf.

Es ist wahrscheinlich, wie Elsner meint, daß diese Thatsache ihren Erklärungsgrund in dem allotropisch verschiedenen Zustande der Kieselerde hat, welche im Traß zum großen Theile durch Salzsäure, als Hydratverbindung, ausschließbar, hierdurch schon ihre Tendenz zeigt, leicht mit Wasser chemische Verbindungen einzugehen; in dem Santorin dagegen befindet sich die Kieselerde, nach der chemischen Analyse, nicht in diesem der Hydratbildung günstigen Zustande; es ist daher erklärlich, daß der Santorin stets mit Wasser in Verbindung bleiben muß, um die zum hydraulischen Mörtel nothwendige Hydratverbindung bilden zu können *).

Interessant ist der Gehalt des Santorins an in Wasser auflöslichen Salzen, wie Kochsalz, Glaubersalz ꝛc., ein Umstand, der darin leicht seine Erklä-

*) Es läßt sich jedoch erwarten, daß, wenn nach längerer Zeit diese Hydratverbindung mehr abgeschlossen sein wird, der Wechsel der Nässe wenig oder keinen Einfluß darauf haben kann.

rung findet, daß die Insel Santorin ein submarines plutonisches Gebilde ist.

Zehnter Abschnitt.

Von den künstlichen Puzzolanen (Cementen).

§. 116. Es lassen sich mehre Substanzen in künstliche Puzzolane verwandeln. Die gebräuchlichsten dazu sind:

1) Gebrannter und gemahlener Thon;
2) gebrannter Thonschiefer;
3) calcinirter Basalt;
4) eisenschüssiger Sand;
5) Ockererden;
6) Rückstand bei Destillation der Salpetersäure (nach alter Art, mit Eisenvitriol und Thon [ciment à l'eau-forte]).

§. 117. Von dem gebrannten pulverisirten Thon. Dieses Pulver erhält man von gebrannten Ziegeln, die weder Biscuit, noch calcinirt sind; indem bei denjenigen, die schon angefangen haben zu verglasen, die Kraft als Cement geschwächt ist. Die Ziegeln werden zerschlagen, gemahlen und durch feine Siebe getrieben. Der Cement wird nach Cubikmeter oder Fuß, oder nach Tonnen verkauft.

Die meisten Schriftsteller wollen, daß zu diesem Zweck nur Dachziegeln genommen werden sollen und sind durchaus gegen die Anwendung von Mauersteinen, ohne Auswahl. Sganzin citirt zur Bestätigung dieser Meinung eine Thatsache, von dem Bau des Hauptpfeilers der Brücke von Alexandien entnommen. Der Ingenieur, der bei diesem Bau nur über Cement von milden Ziegeln gebieten konnte,

Digitized by Google

verwandelte nämlich denselben dadurch in einen vorzüglichen, daß er ihn einem zweiten Brande in einem Reverberirofen aussetzte, während der Cement, der dieser Operation nicht unterworfen wurde, einen Mörtel gab, der sich im Wasser auflös'te.

Vicat bemerkt in Bezug darauf noch, daß der Kalk von Casal, dessen man sich dabei bediente, ausgezeichnete hydraulische Eigenschaft hat und beweis't damit seine Behauptung: daß die Güte des Mörtels, er möge Zuschlag von Sand oder Cement*) erhalten, von der relativen Beschaffenheit der beigesetzten Substanzen abhänge; daß die besten Mörtel in der Vereinigung von vorzüglichem hydraulischem Kalk mit dem besten Quarzsand, oder der gemeinen sehr fetten Kalke mit den kräftigsten Cementen zu suchen ist; und daß bei mittleren Verbindungen die Qualität der einen der Substanzen sich verringern, indeß die der anderen kräftiger werden muß. Indem nämlich in obigem Beispiel der Cement nochmals gebrannt wurde, verringerte man dessen Stärke als Cement; hätte man aber einen gemeinen Kalk gehabt, so wäre der einbrändige Cement besser gewesen. Uebrigens scheint die Beobachtung von Vicat nicht allgemein geltend zu sein, daß der leichtgebrannte Thon einen vortrefflichen Beischlag zum Mörtel gebe, während dieselbe stark gebrannte Substanz nur einen mittelguten Mörtel bilde; denn neuere Untersuchungen von Treussart haben dargethan, daß die Natur der Ziegelerde selbst Einfluß auf den nöthigen Grad des Brennens haben kann, sofern man damit einen guten Mörtel bereiten will. Derselbe mischte nämlich einen gemeinen Kalk mit zwei Arten Cement, wovon der eine aus

*) Man begreift im Allgemeinen unter diesen Namen alle natürliche oder künstliche Stoffe, welche die Eigenschaft haben, mit gemeinem Kalk hydraulische Mörtel zu bilden.

Digitized by Google

leicht gebrannten, der andere aus gar gebrannten Dachziegeln gemahlen war. Der erste Mörtel war, unter Wasser gesetzt, bereits am fünften Tage ganz hart, indeß der zweite noch nach Verlauf von zwei Monaten weich war.

So weit stimmt dies mit den Bemerkungen Vicat's.

Nun nahm aber Treussart Ziegeln einer andern Fabrik und von anderer Erde und fand dabei ganz abweichende Resultate, als bei den erstern Versuchen. Treussart hat geglaubt, diese entgegengesetzten Resultate in den Bestandtheilen der Cemente suchen zu müssen, und hat sich überzeugt, daß alle Cemente, die, schwach gebrannt, gute Resultate geben, und schlechte, wenn sie starken Brand hatten, eine große Menge Kalk enthielten, während die Cemente, die stark gebrannt werden mußten, um gute Mörtel zu geben, keine oder nur wenig Kalktheile enthielten. Vielleicht würde er aber zu denselben Resultaten gelangt sein, wenn er nur das Verhältniß der Mischung verändert hätte.

Aus diesen und ähnlichen Versuchen hat Treussart geschlossen: daß die thonigen Erden zur Bereitung von künstlichen Cementen am geeignetsten sind, wenn sie gleiche Theile Thon- und Kieselerde enthalten und deren Gehalt an kohlensaurem Kalk nur 0,04 bis 0,05 beträgt. Dergleichen Erden findet man oft unter den Töpferthonen (plastischem Thon).

Alle Thone, die zu Cementen dienen sollen, müssen vorher durch Brennen aufgeschlossen werden, je nach der besonderen Beschaffenheit, mit oder ohne Zusatz von Kalk. Alsdann liefern sie aber sehr kräftige Cemente, wobei es indessen sehr bedeutend auf die Art des Brennens und die Temperatur ankommt.

Digitized by Google

Der dazu bestimmte Thon wird auf dieselbe Weise bearbeitet, wie zu Ziegeln. Treussart formt mehr oder wenig dicke Steine, je nachdem der Thon viel oder wenig Kalk enthält, und brennt sie im umgekehrten Verhältniß des Kalkgehalts. Nach dem Brande werden die Ziegeln zerschlagen, gemahlen und durch ein enges Drahtsieb getrieben. Je feiner das Mehl, je tauglicher.

Das Brennen ist die kitzlichste und kostspieligste Arbeit bei Anfertigung des Cements. Es muß der nöthige Kalkzuschlag gleich Anfangs geschehen und das möglichst wenige Brennmaterial zum Brennen genommen werden. Zu Meudon mengt man drei Theile Thon mit einem Theile Kalkteig; zerreibt und mischt beide Substanzen mit einer Maschine, womit man den Mörtel bereitet, zum Teig, wobei man alle fremden Theile ausscheidet. Aus diesem Teige formt man gröbliche Ziegeln, die man auf Gerüsten unter Zutritt der freien Luft trocknet und dann in einen Flammofen bringt, wo sie den passenden Grad von Brand erhalten. Der Grad des Brennens kann nur nach Erfahrung bestimmt werden und verlangt viel Vorsicht. Die Steine werden dann unter einem Mühlsteine zerkleint. St. Léger fabricirt auf diese Weise künstliche Cemente, die noch besser sind, als die natürlichen. Er bedient sich dabei eines Ofens eigener Erfindung, der von der ausströmenden Flamme eines Koksofens geheizt wird. Treussart war der erste, der auf die wichtige Rolle, die der Kalk dabei spielt, hinwies.

Man könnte auf diese Weise überall gute Cemente bereiten; vor Allem aber ist der Kalkgehalt des Thons zu untersuchen. Berthier giebt folgendes Verfahren an:

Der Kalk ist in dem Thone stets als kohlensaurer enthalten. Seine Gegenwart ist daher leicht

zu erkennen, wenn man einige Tropfen irgend einer Säure, selbst Essigsäure, auf ein Stück des Thons gießt; oder besser, wenn man den Thon mit Wasser zu einem klaren Brei anrührt und die Säure auftropft. Wenn nur ein Wenig Kalk darin enthalten ist, so entsteht ein leicht zu bemerkendes Aufbrausen, welches je nach der größeren Menge des Kalks stärker ist.

§. 118. Um einen Kalk sowohl quantitativ als qualitativ genauer zu analysiren, verfährt man wie folgt:

Chemische Analyse eines Kalksteins. Man weiß, daß Salzsäure oder Salpetersäure (mit der Hälfte Wasser verdünnt) den Kalk auflöst, dadurch wird es leicht, den Kalkgehalt in einem Kalksteine zu finden. Man pulverisirt ihn und gießt die Säure tropfenweise so lange zu, bis kein Aufbrausen mehr entsteht, schüttet hierauf alles in eine Quantität Wasser und läßt es durch ein Papierfilter laufen. Der aufgelöst'te Kalk geht durch das Filter, alle beigemengten Substanzen, wie der Thon ꝛc., bleiben auf demselben zurück. Wenn man auf diese Weise 10 Grammen Kalkstein sehr fein pülvert und durch ein Seidensieb schlägt, das Pulver in ein Glas schüttet; wenn das Aufbrausen durch die Säure aufhört, das Ganze in ein halbes Liter Wasser rührt und filtrirt; dann den Rückstand auf dem Filter trocknet und genau wägt: so ist die Differenz zwischen dieser Gewichtsmenge und den obigen 10 Grammen der Kalkgehalt in dem untersuchten Steine.

§. 119. Diese Analyse genügt, wenn das Fossil außer reinem Kalk nur Thon und Kieselerde enthält, auf welche die Einwirkung der Säure sich nicht erstreckt. Der Kalkstein kann aber noch Magnesia und Eisenoxyd enthalten, beides Körper, die sich in der

Digitized by Google

Salzsäure mit auflösen und deren Gegenwart nachzuweisen wesentlich ist, wenn es sich um die hydraulische Eigenschaft des Kalks handelt; man muß deßhalb, so wie um den Thongehalt zu bestimmen, die Analyse weiter verfolgen.

In die filtrirte Flüssigkeit, worin der Kalk in Lösung ist, und man Magnesia oder Eisenoxyd vermuthet, gieße man einige Tropfen Ammoniakflüssigkeit (Salmiakgeist); wenn die Flüssigkeit sich trübt, thue man noch ein Wenig Salzsäure hinzu und dann noch Ammoniak; enthält sie kein Eisenoxyd, so wird die Flüssigkeit wieder klar, im Gegenfall scheiden sich röthliche Flocken ab.

Man sammelt diese Flocken auf einem Filter, wäscht sie mit destillirtem Wasser, trocknet und wägt sie *).

Wenn das Eisenoxyd auf die beschriebene Art abgeschieden ist, setzt man der filtrirten Flüssigkeit sauerkleesaures Ammoniak (oxalate d'ammoniaque) zu, welches einen weißen Niederschlag von sauerkleesaurem Kalk erzeugen wird, den man einige Stunden lang ruhig ausscheiden läßt, dann auf einem Filtrum sammelt. Nachdem er getrocknet, glüht man ihn in einem Platinschälchen und erhält bei'm Wägen das Gewicht des kohlensauren Kalks.

Ist in der zuletzt filtrirten Flüssigkeit Magnesia enthalten, so überzeugt man sich, wenn man dieselbe

*) Bei dergleichen quantitativen Analysen, besonders bei kleinen Mengen, wägt man das Filtrum trocken, vor dem Gebrauch und dann wieder mit der auf ihm getrockneten Substanz.

Die Differenz beider Wägungen giebt das Gewicht der filtrirten Substanz.

Das Waschen (Auslaugen) geschieht, daß man auf die, auf dem Filtrum abgesetzte Substanz eine Flüssigkeit wiederholt gießt, die nicht auflösend darauf wirkt, z. B. Wasser, Weingeist ꝛc.

Digitized by Google

mit kohlensaurem Kali (reiner Pottasche) behandelt, wodurch die kohlensaure Magnesia sich als weißes Pulver niederschlägt. Man sammelt dieses auf einem Filter, glüht und wägt es.

§. 120. Ein leichtes Verfahren, um sich von der hydraulischen Eigenschaft eines Kalks Gewißheit zu verschaffen, ist folgendes:

Man setze einem gewöhnliche Ofenfeuer, welches gut unterhalten wird, Stücke der Kalksorten aus, die man auf diese Eigenschaft prüfen will, nachdem man sie gewogen hat. Nach Verlauf einiger Stunden zieht man eins davon, und legt es, wenn sich zeigt, daß es 8 % an Gewicht verloren hat, bei Seite; ist der Verlust geringer, so glüht man es wiederholt mit sämmtlichen andern.

Man zieht so nacheinander die einzelnen Stücke, um eine Folge von Proben zu erhalten, die 8, 10, 12, 15, 20, 30 und mehr Procent an Gewicht verloren haben. Jede dieser Proben unterwirft man dem Löschverfahren. Diejenigen, die sich nicht wie gewöhnlicher Kalk löschen, geben römischen Cement.

Man pulverisirt die hart gebliebenen Proben, macht sie wie Gyps an und beobachtet aufmerksam die Resultate. Bekanntlich genügt es zur Prüfung, daß man den aus der Probe erhaltenen Teig unter Wasser setzt, und so läßt sich die tauglichere Kalksorte leicht herausfinden.

Die Analyse der kalkhaltigen Thone geschieht ziemlich auf gleiche Weise, wie die der thonhaltigen Kalke. Man trocknet den Thon an der Luft, nachdem er zerschlagen worden, pulverisirt ihn dann, schlägt ihn durch ein Seidensieb und läßt ihn abermals an der Luft oder Sonne trocknen. Will man ihn zur Beschleunigung am Feuer trocknen, so

Digitized by Google

darf die Temperatur nicht über die des kochenden Wassers steigen.

Nun wägt man 10 Gramme des Pulvers ab, rührt es in etwas Wasser und gießt Salzsäure, oder gemeine, etwas verdünnte Salpetersäure, oder in deren Ermangelung Weinessig unter stetem Umrühren mit einem Glas- oder Holzstäbchen auf, bis man kein Aufbrausen mehr spürt.

Hierauf übergießt man die Mischung mit ungefähr einem halben Liter Wasser und filtrirt durch wohl abgewogenes Papier; der Rückstand wird nochmals auf dem Filter mit Wasser ausgewaschen, bis alle Flüssigkeit durchgelaufen ist, an der Luft oder sehr gelindem Feuer sammt dem Filter getrocknet, dann gewogen.

Nach Abzug des anfänglichen Papiergewichtes giebt die Differenz des ausgewaschenen mit dem frühern Thongewicht die Menge des Kalks an, der sich in der Säure gelöst hat.

Wollte man den kohlensauren Kalk unmittelbar bestimmen, welches besser ist, zumal wenn der Thon nur wenig enthält, so setzt man der filtrirten Flüssigkeit kohlensaures Kali (Pottasche) oder kohlensaures Natron (Soda) allmählig zu, bis sie keine Aufwallung mehr erzeugt, erwärmt dann die Flüssigkeit bis zum Kochen in einem weiten Gefäß, woraus man den Niederschlag und was sich an den Wänden ansetzt, vollkommen sammeln kann, und giebt das Ganze auf ein abgewogenes Filter. Man erhält so auf dem (ausgetrockneten) Filter das Gewicht des kohlensauren Kalks.

§. 121. Ein durch Vicat angegebenes Verfahren, eine Thonart in Cement zu verwandeln, besteht darin, daß man den gepülverten Thon 10 bis 20 Minuten auf einer rothglühenden

Platte röstet. Er hat dadurch einen herrlichen künstlichen Cement erhalten, der alle von gestoßenen Ziegeln übertraf und weit wohlfeiler ist.

Haben die Thonerden noch Grubenfeuchtigkeit, so müssen sie getrocknet werden, ehe man sie zerkleinen und in Mehl verwandeln kann; steinige Partikel sondert man durch Siebe ab. Außer den Eigenschaften, die von dem Brennen abhängen, ist ausgemacht, daß die Cemente, die nach dieser Methode des Röstens behandelt werden, auch nach der Natur der Erden verschieden sind. Jedenfalls bewirkt das Brennen ein Aufschließen kieseliger Bestandtheile, in welchem Zustande sie in Affinität mit dem Kalk treten und dadurch die Erhärtung des Mörtels bewirken.

Raucourt giebt eine Beschreibung des Ofens, worin er den Thon brennt, die wir hier mittheilen.

Er besteht aus einem Heerd, Fig 19, mit Rost und Aschenfall, verschlossen durch eine Thüre, die ihn zum Windofen macht. Die Esse ist nicht vertical, sondern im Bogen aufgeführt und wird in ganzer Länge von einem Schlauch von getriebenem Eisen durchsetzt. Dieser hat parallelepipedische Form und bei 16 Centim. (6 Zoll) Weite, 50 Centim. (1 Fuß 6⅔ Zoll) Höhe. Der untere Theil ist der ganzen Einwirkung des Feuers ausgesetzt und wird immer roth glühen; mit der Höhe nimmt die Hitze ab und wird da, wo der Rauch ausströmt, den größten Theil der Wärme verloren haben. Auf dem Schlauche steht ein Trichter, in den man das zu brennende Thonpulver schüttet. Auf diese Weise ist der obere Theil des Schlauches gefüllt, nicht aber der untere Theil, indem die Biegung verhindert, daß das Pulver mehr als ein Drittel, höchstens die Hälfte der Röhre einnimmt. So kann es die Luft durchziehen, gesetzt, daß die Oeffnung in C mit einer kleinen durchlöcherten Thür verschlossen wird.

Digitized by Google

Von 10 zu 10 oder 15 Minuten wird die Thüre in C geöffnet und man nimmt aus dem Raume D den Theil des Thons, der dem Flammenfeuer ausgesetzt gewesen. Dieser Theil fällt von selbst herab und wird in dem leer gewordenen Theile der Röhre von oben her durch eigenes Nachfallen ersetzt, im Trichter aber nachgefüllt.

§. 122. Vom gebrannten Schiefer. Will man blauen Schiefer auf Cement benutzen, so muß er mehre Stunden bis zur Weißglühhitze gebrannt werden, so daß das blätterige Gefüge sich aufbläht und in eine poröse, leichte, zerreibliche Masse übergeht. Sein Aeußeres zeigt dann ein bleiches Grün, und alle nicht durchgebrannten Platten von goldgelbem Aussehen müssen sorgfältig ausgeschossen werden. Die Schlacken werden dann gepülvert.

Der Thonschiefer ist ein inniges, scheinbar gleichartiges Gemenge von kieselsaurer Thonerde mit mehr oder weniger Glimmer-, Feldspath-, Talk- und Hornblendetheilchen, von ausgezeichnet schieferigem Gefüge und splitterigem, bisweilen erdigem Bruche. Durch Vorherrschen des Quarzes entsteht der sogenannte Wetzschiefer; der dünnschieferige quarzreiche Thonschiefer ist unter dem Namen Dachschiefer bekannt.

Die Bestandtheile sind nach den Analysen von

d'Aubuisson:		Gratien Lepère:	
Kieselerde	48,6	Thonerde	26,00
Thonerde	23,5	Kieselerde	46,00
Talkerde	1,6	Talkerde	8,00
Eisenoxyd	11,3	Kalk	4,00
Manganoxyd	0,3	Eisenoxyd	14,00
Kali	4,7	Wasser u. Verl.	2,00
Kohlenstoff	0,3		
Schwefel	0,1		
Wasser ꝛc.	7,6		

Digitized by Google

Die Anwendbarkeit des (blauen) Schiefers aus der Gegend von Wennersborg, als Cement, hat zuerst der schwedische Ingenieur Baggé gefunden; worauf Gr. Lepère sie in Ausführung bei Wasserbauen brachte. Derselbe hat zu diesem Behuf den von Hainneville bei Cherbourg, auf den sich obige Analyse bezieht, am vorzüglichsten gefunden.

Man brennt den Schiefer in einem gewöhnlichen Kalkofen wie den Kalk unter dem angegebenen Hitzgrade. Man hat die Bemerkung gemacht, daß bei dem Brennen Kalkbrocken, die man dem Schiefer, oder dem angewandten Brennstoff, Holz, Gestrüpp oder Erdkohle beisetzte, das Rösten des Schiefers beschleunigten; weßhalb es vortheilhaft ist, dergleichen kleine Kalksplitter bei'm Calciniren beizumengen.

Der eisenhaltige Schiefer eignet sich besser zu hydraulischem, der kieselhaltige zu Luftmörtel. An Orten, wo Dachschiefer gebrochen und zugerichtet wird, entstehen große Halden von Abgängen, die der Gegend sehr lästig werden; man hat sie in neuerer Zeit zerstoßen unmittelbar und mit Erfolg als Zuschlag zum Luftmörtel verwendet. Man würde sie durch obiges Verfahren mit Auswahl auch zu Cement bereiten können.

§ 123. Von dem calcinirten Basalt. Dies Gestein ist ein höchst feinkörniges und inniges Gemenge von Augit, Feldspath und Magneteisentheilchen, bläulich-schwarz bis schwärzlich-grau, von flachmuscheligem, bisweilen splitterigem Bruche, klein und feinkörnig bis dicht; meist sehr hart und bisweilen am Stahl Funken gebend, seltener porös oder von erdigem Bruch. Spec. Gew. 3,065 bis 3,225.

Klaproth fand in einem Basalt:

Kieselerde	44,50
Thonerde	16,75

Digitized by Google

Eisenoxyd	20,00
Kalk	9,50
Talkerde	2,25
Manganoxyd	0,12
Natron	2,60
Wasser u. Verl.	2,00.

Der Basalt ist das am allergemeinsten verbreitete Trappgestein, und tritt beinahe überall auf, wo sich vulcanische Spuren finden, am häufigsten als Ausfüllungsmittel von Gängen in den Felsarten aller Formationen.

Durch Auftreten von kleinen Höhlen und Blasenräumen geht das Gestein in Lava über und bildet den schlackigen oder verschlackten Basalt. Erscheint er säulenförmig zerklüftet, oder auch in tafelförmige oder kugelige Massen abgesondert, so nennt man ihn Säulen-, Tafel- und Kugelbasalt. Die Gestalt der Basaltberge ist vorzugsweise die Kuppenform. Hauptgruppen desselben sind in der Eifel, am Westerwald, an der schwäbischen Alp und im Hegau, am Rhön- und Vogelsgebirge, am Meißner und Habichtswalde, am Thüringerwalde, Fichtelgebirge, im nördlichen Böhmen, am Oybin bei Zittau, in Oberschlesien und Mähren, am Riesengebirge, Großbritannien (die Insel Staffa bei Schottland) und andern, auch überseeischen Ländern.

Um denselben zu Cement geschickt zu machen, setzt man ihn der Weißglühhitze aus, stampft und scheidet die gröberen Theile durch Sieben.

Mit Erfolg ist dieser Cement bei Bauten an der Rhede von Cherburg angewandt und nach Versuchen von Cessart fast besser als die italienische Puzzolane gefunden worden, welches Vicat in neuer Zeit bestätigt hat. Es scheint außer Zweifel, daß der Basalt, selbst mit gemeinem Kalk, einen vortrefflichen hydraulischen Mörtel giebt.

Digitized by Google

§. 124. Von dem eisenschüssigen Sandstein. Wenn man eisenschüssigem Sandstein den Grad von Hitze giebt, bei der Bernsteine in Glut treten, so giebt er eine gute Sorte Cement.

Eine Art des Steines aus der Gegend von Castelnaudary wurde zu diesem Zweck von Dandin benutzt und der italienischen Puzzolane gleich befunden. Der Stein hatte eine rothbraune Farbe, wirkte auf die Magnetnadel ein, brauf'te mit Säuren nicht auf und gab an dem Stahl keine Funken.

Die Bindung der Quarzkörner des Steins besteht gemeiniglich aus einem eisenschüssigen Thon, körniger Thoneisenstein. Dieser kommt bisweilen in sehr mächtigen Flötzen (bei Aalen und Wasseralfingen in Schwaben von 6 Fuß Mächtigkeit) vor, die sich 2 bis 3 Mal wiederholen.

Ein anderer feinkörniger Eisensandstein (Marlysandstone) findet sich in Deutschland meist von geringer Mächtigkeit, von größerer in England, wo er bisweilen kohlenführend ist.

Vicat hat ebenfalls Versuche mit diesem Fossil als Cement gemacht, und obgleich dasselbe weniger genügende Resultate als der Thonschiefer, Basalt und Thon gegeben hat, so zeigten doch die Versuche, daß es nicht ohne Kraft als Cement ist.

§. 125. Von den Ockererden. Wenn man Ockererden in Cemente verwandeln will, so sind die auszuwählen, von denen bereits die Erfahrung vortheilhafte Resultate gegeben hat, als:

1) Die unter dem Namen Ocker oder ockerige Erden bekannten rothen Erden (Hydrate des Eisenoxyds, rothes Eisenoxyd), von denen die am röthesten die besten sind, noch mehr diejenigen, die mit Eisenkörnern eingesprengt sind. Dahin gehören: der

thonige Rotheisenstein, der körnige, rothe Thoneisenstein, der Röthel.

2) Die Bolus erden, derb, eingesprengt; weiß, gelblichgrau, roth, braun, grün. Bestandtheile nach Bergmann: 19,0 Thonerde, 47,0 Kieselerde, 5,4 Eisenoxyd, 5,4 Kalk, 17,0 Wasser. Der Bolus brennt sich roth, zerspringt im Wasser in kleine Stücke und zerfällt zu Pulver, ohne zu erweichen.

Mit Leinölfirniß zu einer zähen Masse zusammengerieben, giebt er einen vortrefflichen Kitt. Er findet sich meist im vulcanischen Tuff und in der Wacke.

3) Der schwarze Schieferthon, Kohlenschiefer; ein schiefriger, durch kohlige und erdharzige Theile schwarz gefärbter, verhärteter Thon, bisweilen bläulichgrau, in's Röthliche und Braune; manchmal reich an Glimmer und feinen Quarzkörnern, und in Kohlensandstein übergehend. Durch Zunahme des Kohlengehalts entsteht der sogenannte Brandschiefer. Von fremdartigen Theilen enthält er Kupferkies, Thoneisenstein und thonigen Sphärosiderit. An der Luft zerfällt der Schieferthon allmählig zu einer thonigen, schwärzlichen oder gelbbraunen Erde, welche zuweilen auf Alaun benutzt werden kann. Er findet sich als gewöhnlicher Begleiter aller Stein- und Braunkohlenflötze. Zum Cement zieht man die mit Kohle gemengten vor.

Chaptal hat zuerst die Ockererden zu Cementen empfohlen. Man soll nach ihm einige Pfund der zu untersuchenden Erde pulverisiren, mit Wasser zu einer Kugel formen und in einem Töpferofen dem Brande aussetzen; dann zu Pulver mahlen und mit Kalk zu Mörtel mischen.

Hat sich deren Eigenschaft bewährt, so baut man einen fortgehenden, nach der Art des Brenn-

Digitized by Google

stoffes eingerichteten Ofen mit schwacher Flamme und verfährt wie bei'm Kalkbrennen.

Die nach Chaptal bereiteten Cemente durch Calcination der rothen Erden von Montpellier sind zu Cette, in Gemeinschaft mit den Puzzolanen aus Italien und von Vivarais, Versuchen unterzogen worden.

Die mit ihnen bereiteten verschiedenen Bétons, aus 2 Theilen des Cements, 1,5 zerfallenen Kalks und 1,5 Steinsplitter, wurden in's Meer gesenkt und nach verschiedenen Zeiträumen untersucht; wobei sich zeigte, daß die künstlichen Cemente Chaptal's mit Erfolg die besten aus Italien vertreten konnten.

Vitalis hat später gleiche Versuche gemacht und die Chaptal's bestätigt; eben so Masson, Ingenieur der Brücken und Straßen.

Chaptal betrachtet das Eisen als das Hauptagens der Cemente; Vicat schreibt es richtiger der Kieselerde zu, ohne jedoch über den wahren chemischen Vorgang gewiß zu sein; Treussart sucht es in den Alkalien; wir werden im nächsten Capitel sehen, wie der Vorgang der Erhärtung von dem neueren Standpuncte der Chemie aus betrachtet wird.

Die beschriebenen natürlichen und künstlichen Cemente sind die am gewöhnlichsten gebrauchten. Die Kosten müssen zum Theil den Ausschlag geben, zu welcher von diesen Substanzen man greifen soll. Es ist aber nicht möglich, sich über den Vorzug der Güte durch bloße Ansicht oder Empfehlung zu entscheiden, indem viel von der Art des Kalks und dem Mischungsverhältniß abhängt. Die beste Belehrung hierüber müssen Versuche geben.

§. 126. Von dem Cement vom Rückstand aus den Salpetersäurefabriken. In einigen Fabriken, z. B. zu Montpellier, wird die

Bereitung der Salpetersäure noch nach dem älteren Verfahren betrieben. Man mengt auf 1 Theil Salpeter 2 bis 3 Theile Thon und destillirt aus irdenen Retorten, die in einen Galeerenofen gelagert werden, in gläserne oder irdene Vorlagen. Die Kiesel- und Thonerde im Thon verbinden sich mit dem Kali des Salpeters und die Säure geht über. Der Rückstand von dieser Destillation ist unter dem Namen Ciment d'eau-forte in Frankreich bekannt, wird zur Fabrication des Alauns benutzt und ist die Substanz, welche hier als Cement vorgeschlagen ist. Man wendet auch die zerschlagenen und gepülverten alten Retorten, die zu dieser Fabrication gedient haben, zu Cement an.

Nach Versuchen, die zu Paris gemacht worden, übertrifft der Cement von gedachtem Rückstand alle andern, ist aber zu hoch im Preise, als daß er bei großen Bauten angewendet werden könnte. Kann man sich solchen verschaffen, so bewahre man ihn zu Verbindungen, die eine große Festigkeit fordern, wie bei Terrassen, Cisternen, Schleußen ꝛc.

Die Masse ist zerreiblich, aufgetrieben und fast glasig; eine Verbindung von Eisenthon und einigen Alkalien. Man hat gefunden, daß viele alte Mauerreste des Departements Hérault mit dergleichen Mörtel aufgeführt worden sind, der eine Härte zeigte, die den härtesten Quaderstein übertraf.

Digitized by Google

Zweites Capitel.

Von den hydraulischen Kalken.

§. 127. Hydraulischen Kalk nennt man im Allgemeinen den Kalk, welcher die Eigenschaft besitzt, unter Wasser zu erhärten; künstlichen, dem diese Eigenschaft durch geeignete Mittel gegeben worden.

Berthier, Kuhlmann, Vicat, Treussart, Raucourt u. A. haben vielfältige Untersuchungen über die Zusammensetzung der Kalke gemacht, welche ihnen diese Eigenschaft mittheilt; die eigentliche Aufklärung der Frage verdanken wir dem berühmten Chemiker Fuchs in München. Es kam darauf an, die Erhärtung auf ihre theoretischen Ursachen — und insofern die Erscheinung überwiegend chemischer Natur ist — auf ihren Zusammenhang mit den chemischen Gesetzen zurückzuführen, um dadurch über die Mittel einig zu werden, wodurch sie sich künstlich herbeiführen läßt.

Vergleichende Betrachtungen lassen keinen Zweifel, daß der Aetzkalk und die Kieselerde die im hydraulischen Kalk enthaltenen Stoffe sind, durch deren chemische Thätigkeit die Erhärtung erfolgt.

Während bei'm Brennen des Kalks derselbe durch Beraubung der Kohlensäure ätzend wird, wirkt zugleich der Aetzkalk aufschließend auf den vorhandenen Kieselthon, verwandelt ihn nämlich in eine Verbindung, die durch Säuren leicht zersetzbar ist. Wie die meisten Wechselwirkungen chemischer Kräfte erst durch die Thätigkeit des Wassers eintreten, so auch hier bei'm Anmachen. Es wird nicht allein eine in-

Digitized by Google

nigere Berührung des Kalks und des Thonsilicats durch die auflösende Kraft des Wassers vermittelt, es wird auch während des Erhärtens das Wasser den aufgelöst'en Kalk unaufhörlich an die kieseligen Theile abgeben, und dieses Aufnehmen des Kalks und Zuführen an die Silicatbildung ununterbrochen fortsetzen. Die andere Rolle des Wassers besteht in der eigenen Gestehung zu Hydratwasser durch das entstehende Silicat. Die Erhärtung ist jedoch nicht der Anziehung von Hydratwasser, wie bei'm Gyps, allein zuzuschreiben; es ist im Gegentheil die Erhärtung ihrem wahrem Wesen nach — nicht ein Hydratwerden eines schon gebildeten Silicats — die Bildung eines gewässerten (hydratisirten) Silicates in einem einzigen Vorgange.

Der Moleculazustand der Kieselerde ist bei diesem Vorgange von erster Wichtigkeit. Diese ist nämlich in dem dichten krystallinischen Zustande, wie im Quarz, Bergkrystall, der chemischen Verbindung auf nassem Wege nur in sehr beschränktem Maße zugänglich. Sie wird eben durch Aufschließen, z. B. mit Kalk, dazu geeignet gemacht und in die amorphe*), leicht sich verbindende Kieselerde übergeführt. Die Einwirkung des Kalkes auf den Quarz (Quarzsand) ist unbedeutend, wird jedoch sehr mächtig, wenn man den Quarz vorher durch Glühen mit ⅓ Kalk aufschließt. Chemisch gefällte Kieselerde oder Kieselgallerte entzieht dem Kalkwasser mit Leichtigkeit den Kalk, nicht so der gestoßene Quarz.

Es können aber auch verschiedene kieselsaure Salze oder Silicate die Stelle der Kieselerde vertreten, wie es in der That bei der Mehrzahl der hydraulischen Kalke der Fall ist. Die wichtigsten sind

*) Amorph (bild-, gestaltlos) nennt man Körper, die nicht sichtbar krystallinisch sind.

die Thone. Ungeachtet ihrer Verschiedenheit liefern fast alle eine gute, einige eine sehr gut erhärtende Masse mit Kalk. Alle, besonders der Töpferthon, müssen vorher gebrannt werden, wodurch sie in Säuren löslicher (theilweise aufgeschlossen) werden. Bei einigen ist es nöthig, sie mit Kalk zu brennen; andere haben schon die aufschließenden Agentien in sich. Der gemeine eisenschüssige Ziegelthon bindet, gelinde gebrannt, in sehr geringem Maße mit Kalk; wird er dagegen zur Weißglühhitze erwärmt, so schließt das Eisenoxyd den Thon auf und es tritt eine kräftige Erhärtung mit Kalk ein.

Dem Eisen kann nur höchstens eine indirecte Wirkung, wie im Ziegelthon, zuerkannt werden. Dies beweisen die Frischschlacken (siehe das vorige Kapitel).

§. 128. Von anderen Mineralien, die erhärtend auf den Kalk einwirken, nennen wir hier: den Prehnit (eine Verbindung von kieselsaurer Thonerde mit kieselsaurem Kalk und Hydratwasser); er zeigt die kräftigste Wirkung, wenn er gebrannt wird, indem er dadurch unter Gallertbildung in Wasser löslich wird.

Der Feldspath*) schließt sich ebenfalls durch Brennen mit etwas Kalk so weit auf, daß er mit noch mehr Kalkzusatz eine erhärtende Masse bildet. Ganz ähnlich verhält sich Glas.

Die Zeolithe, welche neben kieselsaurer Thonerde, kieselsaures Alkali oder kieselsauren Kalk oder beides enthalten, wie der Analzim**), Natro-

*) Doppelverbindung von kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Kali, Natron, Kalk, Lithion oder Baryt.

**) Besteht aus 22,99 Thonerde, 13,53 Natron, 55,12 Kieselerde, 8,27 Wasser.

lith *), der Stilbit **), lösen sich schon ohne Röstung unter Gallertbildung in Säuren auf und geben mit Kalk hydraulische Mörtel; in höherer Potenz, wenn sie gebrannt worden.

Der Cyanit ***), der 54 % Thonerde an Kieselerde gebunden enthält und weder roh noch geglüht von Säuren angegriffen wird, beweis't aber, daß in jenen Mineralien, wie in dem Thone selbst, bloße Thonerde das Wirksame nicht ist, indem er mit Kalk durchaus keine erhärtende Verbindung giebt.

Wir müssen daher nothwendig die Kieselerde der Silicate als den wesentlich wirksamsten Stoff, aber nur unter einem bestimmten Verhältniß, betrachten. Schon der Pechstein, der 73 %, der Bimsstein, der 77½ % und der Obsidian, der 81 % Kieselerde enthält, sind weniger wirksam wie Opal, der davon 93 % besitzt.

Im Gegensatz zeigen die an Bittererde reichen Silicate, wie der Speckstein †), Tremolith ††) und Diopsit †††), auch der Talk nicht die geringste Neigung, sich zu einem hydraulischen Mörtel zu binden; theils wegen des Uebermaßes von Basen in der Verbindung, theils weil die Bittererde eine

---

*) 25,60 Thonerde, 1,35 Eisenoxyd, 16,12 Natron, 47,21 Kieselerde, 8,88 Wasser.

**) Bestandtheile: 17,5 Thonerde, 9,0 Kalk, 52,0 Kieselerde, 18,5 Wasser.

***) Eine sechstelkieselsaure Thonerde, enthält: 55,50 Thonerde, 43,00 Kieselerde, 0,50 Eisenoxyd; oder 64 Thonerde, 36 Kieselerde ꝛc.

†) Enthält 24,75 Bittererde, 9,25 Thonerde, 45,00 Kieselerde, 18,00 Wasser, 1,00 Eisenoxyd.

††) 25,00 Talkerde, 11,11 Kalk, 0,5 Eisenoxydul, 59,75 Kieselerde, 1,00 Wasser.

†††) 18,00 Talkerde, 24,94 Kalk, 54,64 Kieselerde, 2,60 Manganoxyd, 1,08 Eisenoxyd.

größere Verwandtschaft zur Kieselsäure, als der Kalk besitzt.

Aus demselben Grunde wird umgekehrt die hydraulische Eigenschaft sehr gesteigert, wenn man einer kieseligen Verbindung einen bittererdehaltigen Kalk darbietet. Die dolomitartigen Kalke und Dolomite geben mit passenden Zusätzen einen viel bessern Wassermörtel, als die reinen Kalke.

Einen klaren Beweis von der Wirksamkeit der Bittererde in den dolomitischen Kalken giebt der Tarnowitzer Kalkstein, welcher ganz gut erhärtet, obgleich er nur 3,3 % Kieselerde, aber 29 % Bittererde enthält.

§. 129. Wir kommen nochmals darauf zurück, daß die Kieselerde dem Kalke und der Bittererde gegenüber das wesentliche Agens ist, daß aber ihre Wirksamkeit ganz und gar von ihrem Cohäsionszustande und (bei Anwendung eines Silicats) auch von dem Grade abhängt, bis zu welchem sie von Basen gesättigt ist.

Die Grenze der Sättigung spricht sich im Wollastonit (3 Ca, 2 Si) aus, der 51,60 Kieselerde auf 46,41 Kalkerde enthält und weder gebrannt noch ungebrannt die geringste Wirkung hat.

Die Thonerde vermittelt und befördert nur die Erhärtung, ohne ein nothwendiges Agens dabei abzugeben, denn auch ohne sie erfolgt in Fällen Erhärtung. Die so häufige Gegenwart der Thonerde in den hydraulischen Kalken giebt also nur Gelegenheit zur Bildung von thonerdehaltigen Doppelsilicaten mit Kalk (nebst Bittererde, Eisen, Alkali ꝛc.), welche die Kieselerde einzugehen eine stark accentuirte Neigung hat, wie unter andern schon das häufige Vorkommen natürlicher Silicate dieser Klasse beweis't.

Wir haben noch den Einfluß der Alkalien auf die Silicatbildung zu betrachten. Auch sie sind nur Vermittler dieser Bildung auf nassem Wege.

Digitized by Google

Die Alkalien in einem hydraulischen Kalke oder ähnlichem Gemisch und den meisten Thonen werden im Laufe der Erhärtung größtentheils oder ganz ausgeschieden und finden sich in dem alkalisch gewordenen Wasser gelöst wieder. Bei der Löslichkeit der Thonerde und der aufgeschlossenen Kieselerde in Kali ist es glaublich, daß die Alkalien die hydraulische Wirkung der Kalke dadurch beschleunigen, daß sie den allmähligen Uebertritt der Kieselerde an den Kalk befördern und erleichtern, wobei der Kalk die Kieselerde des Alkali aufnimmt und dagegen seine (Kohlen-, Schwefel-) Säure an das Alkali abgiebt, welches schon in der Kälte Statt findet.

Kuhlmann fand, daß Auflösungen von Kalisilicaten einige Zeit mit Kreidepulver zusammengebracht, eine steinartige Masse bilden. Größere Kreidestücke überziehen sich mit Kalksilicat, welches um so tiefer eindringt, je länger die Einwirkung gedauert hat, und werden polirfähig. Derselbe schlägt darauf beziehlich vor, geputzte Mauern und Wände mit löslichen Alkalisilicaten oberflächlich zu überziehen, um sie zu härten.

Schwache hydraulische Kalke würde man durch Calciniren mit 8 bis 10 % Pottasche leicht in hohem Grade kräftiger machen können, wenn die Kostspieligkeit diesem Verfahren nicht entgegen wäre.

Uebrigens bemerke man, daß die Versteinerung des hydraulischen Kalks durch Temperaturerhöhung, so wie unter kräftigem Druck (wie durch die Steinmassen der Mauern geschieht) ansehnlich befördert und beschleunigt wird.

Das hier Vorgetragene begreift die Principe, welche bei Bildung künstlicher hydraulischer Kalke leitend sein müssen. Alle früheren Theorien, unter andern auch die von Guiton Morveaux, daß das Manganoxyd das wirkende Princip bei hydraulischen Kalken sei, zerfallen in sich selbst.

Aus der hier aufgestellten Theorie, die in den neuern Fortschritten der Chemie und auf vielfältige Versuche und Beobachtungen fest ruht, drängt sich von selbst die Folgerung auf, daß künstliche Gemische von einem passenden Silicate mit Kalk bei gleicher Behandlung so gut hydraulische Eigenschaften zeigen müssen, als natürliche. Die praktische Erfahrung ist diesem Schluß um Jahrhunderte vorausgeeilt. Beweise sind die Hoch- und Straßenbaue der alten Römer, welche das Pulvis Puteolanus, was schon Vitruv und Plinius beschrieben, zu ihren Mörteln fast allgemein verwendeten, und dasselbe in den Traßlagern am Rhein zu großer Befriedigung wiederentkannten.

§. 130. Ueber die Lagerstätten hydraulischer Kalke. Bei den Nachforschungen nach natürlichen hydraulischen Kalken hat man sich zuvörderst an den Umstand zu halten, daß es die Vermischung des Thons mit kohlensaurem Kalkstein ist, was alle Abarten des hydraulischen Kalkes liefert. Es sind daher die Brüche, wo Thon- und Kalksteinschichten miteinander abwechseln, diejenigen, wo man die Forschungen anzuknüpfen hat; wenn nämlich diese Schichten einerlei Formation angehören. Man darf nicht ermüden, wenn Anfangs die Erwartungen nicht erfüllt werden.

So bezog man in Paris lange Zeit den hydraulischen Kalk zu hohem Preise von Senonche und gelangte später erst zu der Ueberzeugung, daß die Hügelkette von Montmartre, Chaumont und Romainville alle Varietäten von hydraulischem Kalk in Ueberfluß liefern.

In den oberen Abtheilungen der jüngern Kreideformation findet sich regelmäßig der thonige Kalkstein nicht, wohl aber in den tieferen Schichten

Man stößt dort auf eine Mergelkreide, die auf dem Thon des Gault *) ruht, in den sie oft unmerklich übergeht. Je mehr man sich dem Gault nähert, desto mehr nimmt der Antheil des Thones zu, und steigt, von 7 bis 8 % der obern Schichten, tiefer bis zu 40 bis 45 %.

Die hydraulischen Kalke aus dieser Formation schwinden zuweilen, wenn man sie, nachdem sie unter Wasser gesetzt waren, der Luft aussetzt, sehr merklich; man muß daher, um diese den Bauten gefährliche Eigenschaft zu vermindern, den Mörtel sehr fest machen und guten Quarzsand zusetzen.

Die Kalksteine, welche man im oberen Kreidegestein antrifft, geben gute hydraulische Kalke, sie kommen jedoch daselbst meistens nur in sehr dünnen Schichten oder in Nieren vor.

In gewissen Gegenden giebt das obere Juragestein Kalksteine, welche Thon und kohlensaure Bittererde enthalten. Findet sich in ihnen der Thon zu 8—10 %, so giebt dieser Kalkstein einen guten hydraulischen Kalk. Das Vorhandensein des Thons erkennt man an der dunkelgelben oder braunen Farbe, einem starken Thongeruch bei'm Anhauchen und an dem fettigen Gefühl.

Die Jurasische Formation, in welcher alle Arten von Kalksteinen und Mergel abwechslungsweise vorkommen, hat folgende Lagerungsverhältnisse, die in Beziehung auf ihre Productionen von hydraulischen Kalken ein interessantes Studium gewähren.

---

*) Der Grünsand, der an die Stelle eintritt, wo in dieser Formation der feste Sandstein fehlt und zuweilen (in England) eine Mächtigkeit von 250 bis 500 Fuß erreicht, schließt dort eine mächtige Ablagerung von merglichem, bläulich-grauem, plastischem Thon ein, welcher daselbst Gault heißt.

Digitized by Google

Dies sehr mächtige Kalkgebilde bedeckt in einem großen Theile von Deutschland, Frankreich, England die Formation des Eisenrogensteins und ist vorzüglich in England am meisten entwickelt.

Dessen unterstes, erstes Glied bildet der mittlere Rogenstein. Das zweite Glied ist der Oxford-Thon (Oxford-clay), ein sehr deutlich geschichteter, regelmäßig gelagerter, gelblich oder bläulichweißer dichter Kalkstein, der in England meist mergelig erscheint. Das dritte Glied bildet der Korallenkalk, ein bald dichter, bald oolithischer*), lichter Kalkstein; in ihm erscheinen beträchtliche Massen von Dolomit und Bohnerzniederlagen. Das vierte, uns hier besonders interessirende Glied macht der obere Jurakalkstein, worin auch der lithographische Stein bricht.

Bemerkenswerth sind die Gruppen

a) des obern Portlandkalksteins mit grünem Dolomit, der hydraulischen Kalk giebt; die untern Schichten enthalten keinen.

b) Die obern Kimmeridge-Kalksteine. Diese und die Mergelkalksteine dieser Gruppe haben veränderliche, aber im Allgemeinen schwache hydraulische Eigenschaften; in der mittleren und unteren Schicht sind diese Eigenschaften deutlicher vortretend, und der daraus gewonnene hydraulische Kalk wäre vortrefflich, wenn er, in Folge der häufigen Versteinerungen, nicht leicht in dünne Schichten zerfiele.

c) Der Oxfordthon ist reich an thonigem Kalkstein, der einen guten hydraulischen Kalk liefert.

d) Der große oder untere Oolith liefert thon- und magnesiahaltige Kalksteine.

e) Der Lias besonders liefert Mergelkalkschichten zu hydraulischen Kalken und Cementen.

*) Oolith (Roggenstein, schaaliger Kalkstein).

Im Keuper bieten die bunten Mergel magnesiahaltige Kalksteine.

Der Muschelkalk, welcher arm an hydraulischem Kalk ist, liefert doch bisweilen mergelartige Kalksteine und thonreiche Dolomite oder Magnesia-Kalksteine, die hydraulischen Kalk geben.

Die Formationen des bunten Sandsteins und des Zechsteins verhalten sich wie der Muschelkalk.

Noch tiefer auf der geognostischen Stufenleiter findet man meistens nur reine Kalksteine.

Seit ältern Zeiten kennt man in Lothringen einen Kalkcement, der viel Analogie mit dem Roman-Cement hat. Er ist zur Stelle durch den Baron Costaz untersucht und darüber der Société d'Encouragement Bericht erstattet worden:

„Der lothringische Cement, sagt Costaz, wird vorzüglich zum Guß von Estrich in dem Innern der Gebäude gebraucht und zwar in den zu ebener Erde liegenden Gemächern; man nennt diese Fußböden dort pavés-Ciments; sie gleichen den in einigen Gegenden Deutschlands üblichen Gypsestrichen, sind von außerordentlicher Dauer und werden, ein wahrer Béton, aus Kalk und Flußkies gefertigt.

Den meisten Ruf hierzu hat der aus den Brüchen von Flavigny und Richard-Menil bei Nancy bezogene Kalk. Der von Flavigny ist von schwarzbrauner Farbe, großer Festigkeit und sehr dicht; spec. Schw. 2,62. Er widersteht sehr starken Hammerschlägen.

Der aus ihm gewonnene Kalk ist graugelb und erhärtet sehr schnell unter Wasser. Nach der chemischen Analyse darf man an seiner Analogie mit dem englischen Cement, dem von Boulogne und dem von Lamé in Rußland aufgefundenen nicht zweifeln.

Die Wahl des Flußsandes, den man dem Béton beigiebt, ist nicht gleichgültig, dort nimmt man Moselsand,

der sehr kiesartig, rein und frei von Erdtheilen ist; die Größe der Kiesel darf die einer Nuß nicht übersteigen, ebensowenig aber zu fein sein; die beste ist Haselnußgröße. Auf 100 Theile Kalk nimmt man 456 Theile Kies; das Volumen der Mischung vermindert sich beinahe um ein Viertel.

Zu Anfertigung des Bétons wird der Kalk mit Vorsicht gelöscht, daß er nicht ersäuft, und man schüttet, sobald er sich aufbläht und zu heben beginnt, den Kiesselzuschlag hinzu. Diese Operation muß sehr schnell und ohne weitere Zuthat von Wasser geschehen. Nach gehörigem Mengen trägt man ihn zur Stelle; man muß aber darauf sehen, daß nicht mehr auf einmal bereitet wird, als man sofort verarbeiten kann.

Diese Andeutungen können als Führer bei'm Suchen hydraulischer Kalke dienen, doch müssen Versuche über die Brauchbarkeit stets entscheiden.

Ein Kalkstein, der sich ganz in Salzsäure auflöst, liefert nur einen fetten Kalk. Bleibt ein unlösbarer Satz, der jedoch nicht ein grober Sand ist, so ist der Kalk mager, und muß durch Brennen auf seine hydraulische Eigenschaft untersucht werden. Man darf dabei immer auf Erfolg rechnen, sobald man einen reichlichen unlösbaren Niederschlag erhält.

Drittes Capitel.

Von den künstlichen hydraulischen Kalken und einigen namhaften Cementen.

§. 131. Ehe man das häufigere Vorkommen thonhaltiger Kalksteine, die zu Bereitung des Wasser-

mörtels sich eignen, kannte, suchte man den Mangel desselben durch künstliche Präparate zu ersetzen, indem man Kalk, Thon und ähnliches Material in eine chemisch-mechanische Verbindung setzte und nannte dergleichen Präparate künstlich-hydraulische Kalke. Man hat sich besonders in Frankreich und England mit dergleichen Fabrication im Großen beschäftigt.

§. 132. Roman-Cement. Im Jahre 1796 nahmen Parker und Wyatts zu London ein Patent auf das Ausbeuten eines thonreichen Kalksteins, von dem sie ein dem hydraulischen Kalk ähnliches, aber viel kräftigeres Material erhielten, welches sie früher Parker's Cement, später roman-cement nannten. 1801 entstand die Fabrik von Francis und White in London, seitdem noch viele andere, unter andern die von Francis, White und Francis, welche bis jetzt den Vorrang vor allen Londoner Fabriken hatte und sehr ausgedehnten Handel treibt.

Das dazu verwendete Fossil sind Kalksteinnieren, die einzeln in mächtigen Thonlagern liegen; Rollstücke von gedrückt kugeliger Gestalt. Sie kommen meistens in denjenigen Thonschichten vor, welche mit den Kalksteinbänken der Oolithformation wechseln, und in der Thonschicht, die über der Kreide liegt und London clay heißt. Sie finden sich an den Themseufern, auf den Inseln Shepey, Wight, Thanet, sowie an den Küsten von Kent, Yorkshire, Sommersetshire, Derbyshire; an der Meeresküste, wo der Thon zerstört und die Nieren in großer Menge angeschwemmt werden.

Aehnliche Kalknieren kommen auch bei Neustadt-Eberswalde, auf Rügen, am Abhange bei Arcona im Thone bei Antwerpen, wo sie gegraben, in Baiern bei Altdorf, Kulmbach vor. Sie sind faustgroß, bis zur Größe eines Menschenkopfs, gelblichgrau,

Digitized by Google

braun, mit Adern von Kalkſpath durchzogen, oft hohl und druſenartig mit Kalkſpathkryſtallen ausgefüllt. Specifiſches Gewicht 2,59.

Früher nannte man dieſe Cementſteine Septaria, Ludus Helmontii, Dés de Van-Helmont.

Im Jahre X der Republik hat Léſage das Vorkommen ähnlicher Cementſteine auf der gegenüberliegenden franzöſiſchen Küſte bei Boulogne bekannt gemacht, und ſpäter Drapier die Gleichheit derſelben mit den engliſchen durch Analyſe dargethan. Sie heißen dort galets de Boulogne, kommen in loſen Geſchieben vor, ſind von roſtbrauner Farbe, hart, ſchwer zerbrechlich, ſpecifiſches Gewicht 2,16, jedoch zu ſelten, als daß das Sammeln derſelben im Großen von Gewinn ſein könnte.

§. 133. Die Galets von Boulogne haben, wie alle Gerölle, eine ziemlich unregelmäßige Geſtalt, mehr oder weniger länglich, zuweilen platt. Die gewöhnlichſte Farbe der Außenſeite iſt ein Roſtbraun; ſpecifiſches Gewicht 2,16. Der Stein iſt ſehr hart und ſchwer zu zerſchlagen. Der Bruch iſt ganz verſchieden, gewöhnlich rein und eben, auch muſchelig, zuweilen uneben und gerieft; graulich von Farbe; von ſehr feinem und geſchloſſenem Korn, trübem Schein; fühlt ſich etwas fettig an und weniger kalt, als die äußere Rinde. Durch die Lupe bemerkt man einige glänzende Puncte; auch hängt der Bruch leicht an der Zunge. Der Stein ſchlägt an dem Stahl keine Funken und giebt mit dem Meſſer einen weißgrauen Strich, welches auch die Farbe des gemahlenen Steins iſt. Er brauſ't mit Salpeterſäure ſtark auf, entwickelt dabei ſalpeterſaures Gas und hinterläßt auf der Oberfläche einen deutlichen Roſtfleck, der auf dem Bruche faſt nicht bemerkbar iſt.

Die Analyſe giebt, nach Drapier:

Kohlensauren Kalk		0,616
Kohlensaures Eisen		0,060
Thon	Kieselerde	0,150
	Thonerde	0,048
	Eisenoxyd	0,030
Wasser		0,066
Verlust		0,300
		1,000.

Die Galets werden in conischen Oefen mit ununterbrochenem Feuer und Steinkohlen gebrannt, wie andere Kalksteine; die Leitung des Feuers erfordert aber viel Vorsicht, weil, wenn die Hitze nicht gemäßigt gehalten wird, der Cement einen Anfang von Schmelzung erleidet und dann nicht zu gebrauchen ist. Durch das Brennen verliert der Stein 0,383 seines Gewichts, nimmt eine gelbliche Farbe an, die zuweilen mit langen braunen und röthlichen Flecken gemischt, fühlt sich dann sehr milde an und läßt, ohne fett zu sein, an den Fingern einen sehr feinen Staub; er hängt dann stark an der Zunge. Man kann ihn lange ohne Nachtheil aufbewahren, wenn er gegen Feuchtigkeit geschützt wird.

In Wasser gelegt, lös't der gebrannte Stein sich nicht, wie der lebendige Kalk; durch Mahlen bringt man ihn in sehr feines Pulver, welches mild und selbst ein Wenig fett anzufühlen, von Farbe grau mit leichtem Gelb gemischt ist, bei'm Anfeuchten mit Wasser aber rostbraun wird. Spundet man das Pulver in Fässer, so hält es sich lange, bei Luftzutritt verdirbt es aber schnell durch Anziehen der Feuchtigkeit.

Abgesehen von dem Gebrauche bei Wasserbauten, benutzt man den von Parker und Wyatts aus jenen Nieren bereiteten Cement in London zum Verappen der Gebäude, zur Anfertigung von Fußböden und bei Grundmauern großer Gebäude. Die Anwendung er-

Digitized by Google

fordert Geschick; giebt man ihm bei'm Anmachen nicht die gehörige Consistenz, beeilt man sich nicht bei'm Auftrage und bei'm Speisen der Fugen, unterbricht man die Arbeit ꝛc., so bindet er ungleich, reißt auf und haftet schlecht an dem Mauermaterial. Man sollte ihn nur bei Arbeiten anwenden, die der Gewalt des Wassers widerstehen müssen.

Parker und Wyatt's empfehlen aber, ihn mit Cement gemischt zu den Grundmauern und zu den Gesimsen, die dem Regen ausgesetzt sind, zu gebrauchen: und zwar zu drei, vier oder fünf Theilen auf drei Theile Cement zu ordinärem Mörtel; zu drei Theilen auf zwei Theile Cement zum Verapp der Mauern, die trocken stehen, oder der Hitze zugänglich sind.

§. 134. Der neu in den Handel gebrachte Portland-Cement hat selbst diesen bis jetzt so berühmten Roman-Cement übertroffen, als man in England vergleichende Versuche über die beziehliche Festigkeit und Dauerhaftigkeit beider anstellte.

Balken aus Backsteinen, mit Sand und dem einen und dem andern Cement, von 5′ Länge gemauert, wurden nach zehn Tagen successive mit Gewichten beschwert. Ein Balken von Roman-Cement-Mörtel (ein Theil Cement, ein Theil Sand) brach bei 257 Pfund, während ein Balken von Portland-Cement-Mörtel (ein Theil Cement, ein Theil Sand) erst unter der Last von 837 Pfund brach.

Steinerne Balken mit Mörtel aus einem Theil Portland-Cement und zwei Theilen Sand trugen 968 Pfund, aus einem Theil Cement und drei Theilen Sand 672 Pfund, aus einem Theil Cement und vier Theilen Sand 616 Pfund. Die Balken, mit Roman-Cement gemauert, brachen alle in den Mörtelfugen, die mit Portland-Cement alle im Steine.

§. 135. Der Cement von Vassy wird in Frankreich dem Roman-Cement um Vieles vorgezogen. Die Herren Gariel und Garnier entdeck-

ten die Brüche und haben die ausschließliche Fabrication dieses Cements, der einen ungemeinen Absatz genießt.

Der Hauptbestandtheil ist ein thoniger und Bittererde haltiger Kalkstein, hart, aschblau, der unmittelbar über dem Lias liegt. Dessen Analyse ist:

Kohlensaurer Kalk	63,8
Kohlensaure Bittererde . . .	1,5
Kohlensaures Eisen	11,6
Kieselerde	14,0
Thonerde	5,7
Wasser und organische Stoffe .	3,4
	100,0.

Bei der Calcination in gewöhnlichen Kalköfen verliert er nahe 40 Procent seines Gewichts, wird mattgelb und giebt dann:

Kalk	56,6
Eisenoxydul	13,7
Bittererde	1,1
Kieselerde	21,2
Thonerde	6,9
Verlust	0,5
	100,0.

Nach dem Brennen wird er gepülvert und durch Drahtsiebe getrieben, deren Drähte 18 auf einen Centimeter gehen. Zuletzt packt man ihn in ausgepichte Fässer, worin er sich über ein Jahr halten kann, wenn er an trocknen Oertern und gegen Sonnenwärme geschützt bewahrt wird, ohne an seiner Güte zu verlieren.

Man findet zuweilen Fässer, die nicht luftdicht waren; in diesen zeigt sich eine Verschlechterung des Cements, die allmählig von den Faßwänden aus nach der Mitte zu geht, so daß der Cement in der

Digitized by Google

Mitte noch tadellos ist. Das Kennzeichen der Umwandlung ist ein weißliches Ansehen und das Zusammenbacken des staubigen Pulvers. Jedes Faß hält 100 bis 235 Liter und wiegt 130 bis 300 Kilogramme.

Ein Cubikmeter Cementpulver verliert 17 Procent seines Volumens und giebt nur 0,83 Cubikmeter Mörtel ohne Sandzuschlag, der ihm mehr Widerstand giebt und den Preis erniedrigt. Unvermischt, wo er schon in weniger als einer Minute bindet, wenn er zumal älter ist, braucht man ihn nur in besonderen Fällen, zum Verstopfen von Quellen in dem Bett eines Bassins, einer Schleuse ꝛc.

Im Augenblicke der Erhärtung und während seine Bindung vor sich geht, erhitzt er sich zuweilen auf 65°.

Die Cemente von Pouilly und Molêmes ähneln dem genannten, stehen ihm jedoch nach.

In Paris fertigt man Formsteine aller Art von dem Cement von Vassy, der sich mit dem abgeriebenen Staube der Mühlsteine gemischt hat; fast alle Gewölbe über Abzuchten, Canäle. ꝛc. daselbst sind von dergleichen künstlichen Wölbsteinen gebaut; zum Verstreichen der Fugen ist er unübertrefflich.

§. 136. Der englische Cementstein wird in England in Schachtöfen, zuweilen auch in Meilern gebrannt, fein gemahlen, gesiebt und in Tonnen verpackt. Bei'm Anmachen mit Wasser verschluckt der Cement wenig Wasser, erwärmt sich wenig und erhärtet in kurzer Zeit; man setzt ihm Sand in verschiedenen Verhältnissen zu und verarbeitet ihn schnell.

Der von Lésage aus Galets bereitete Cement geht unter der Benennung plâtre-ciment; man darf bei dem Namen nicht an eine Fabrication aus Gyps (plâtre) denken. Der Franzose unterscheidet übrigens pierre à plâtre, gypse (roher Gypsstein), plâtre (gebrannter Gyps), plâtras (Stücke aufgenommenen Gypses).

Digitized by Google

Nach und nach fand man in Frankreich und anderen Ländern viel Kalksteine, die sich zur Fabrication von hydraulischem Kalk eigneten und auch natürliche Cemente, deren Qualität in gewisser Beziehung den ursprünglich bekannten hydraulischen Kalken und Cementen gleichkamen, ja sie übertrafen.

So hat der von Chapeyron und Lamé in Rußland entdeckte Kalk den Vorzug, weil eisenfrei, einen ganz weißen Cement zu geben, worin der von Vassy ein Wenig nachsteht. Der von Pouilly, welcher von Lacordaire entdeckt wurde, ist besser noch, als der englische; er wird aus einem dem Jurakalk angehörigen Kalkstein gefertigt, welcher 39 Procent Kieselerde, Thonerde, Bittererde, Eisenoxyd enthält. Wir werden später auf mehr Details über hydraulische Mörtel zurückkommen.

Der Gebrauch von Cement ist jetzt eine Nothwendigkeit bei allen Wasserbauten geworden. Die ungemein schnelle Erhärtung macht es möglich, daß man an Küstenbauten bei Ebbe eine rasche Uferbefestigung, Grundmauer nnd dergleichen aufführen kann, die bei Rückkehr der Fluth schon dergestalt erhärtet ist, daß sie den Wogen widersteht.

Bevor die Theorie der Erhärtung des hydraulischen Kalks in ihren Principien so, wie jetzt, befestigt war, und man bald die Thonerde, bald die Alkalien, bald die Eisenoxyde für die alleinigen Agentien hielt, welche die Erhärtung bewirkten, richtete man natürlich auch die Anfertigung künstlicher hydraulischer Kalke und Cemente auf diese Ansichten. Man erhielt günstige Erfolge, wenn die Bestandtheile der Steine, des Wassers, die Art des Brennens ꝛc. zufällig ihren Einfluß geltend machten und, wenn auch im Verborgenen, in obige Theorie eingingen.

§. 137. Classification der Cemente. Seitdem man mit der Theorie im Klaren ist, daß

die hydrauliſche Eigenſchaft der Bildung eines durch das Feuer erzeugten Kalkſilicats angehört, d. h., daß die Kieſelerde eine weſentliche Rolle in dieſer Verbindung ſpielt, daß aber die Verbindung nur dann Statt findet, wenn die Kieſelerde ſich im gallertartigen oder aufgeſchloſſenen Zuſtande, oder in einer fein zertheilten Verbindung mit dem kohlenſauren Kalk befindet, hat man durch künſtliche Zuſammenſetzungen Verſuche mit allen Gemengen gemacht, die man möglicherweiſe erlangen konnte, wenn man die Verhältniſſe des Kalks zum Thon (Kieſel- und Thonerde) verſchieden annahm, und die Kalkarten darnach, wie folgt, eingetheilt:

	Thon.	Kalk.
Hydrauliſche Kalke, diejenigen, welche enthalten	0,10	0,90
	0,20	0,80
	0,30	0,70
Grenze	0,34	0,66
Kalkcemente, die, welche enthalten	0,40	0,60
	0,50	0,50
	0,60	0,40
Grenze	0,61	0,39
Hydrauliſche Cemente oder Puzzolane, die, welche enthalten	0,70	0,30
	0,80	0,20
	0,90	0,10

Gewöhnliche Cemente, alle, welche mehr, als 0,90 Thon enthalten.

§. 138. Stellt man das Verhalten verſchiedener Kalkarten zuſammen, ſo finden ſich folgende Verſchiedenheiten:

1) Der fette Kalk, in Berührung mit Waſſer gebracht, bringt ein ähnliches Geräuſch hervor, wie ein rothglühendes Eiſen, das man in Waſſer taucht; er befreit ſo viel Wärme, daß das Waſſer in's Sieden geräth und ſchwach ätzende Dämpfe entwickelt; ſein Umfang nimmt zu,

Digitized by Google

er schwillt an und wird zu einem weißen Teige, der bei gehöriger Wasserzuthat sich vollständig darin auflöst.

Der reine Kalk löst sich in 5 bis 600 seines Gewichtes Wasser.

2) Der magere, nicht hydraulische Kalk braust bei seinem Ablöschen auf, aber langsamer und mit einer geringern Wärmeentwikkelung, als der fette Kalk; er nimmt weniger an Umfang zu, auch wird sein Teig unter dem Wasser nicht hart.

3) Der hydraulische Kalk zeigt bei'm Ablöschen ungefähr dieselben Vorgänge, wie Nr. 2; aber sein Teig bindet sich, unter Wasser gebracht, in längerer oder kürzerer Zeit zu einem festen Körper.

4) Der Kalkcement braust nicht auf, bindet sich aber, wenn er in Pulver und sodann in Teig verwandelt wird, sehr schnell zum festen Körper.

5) Der hydraulische Cement oder die Puzzolanerde ist zu mager, um aufzubrausen und einen Teig zu bilden, aber in Pulver verwandelt und mit fettem Kalk vermengt, giebt er einen Stoff, der unter dem Wasser schnell erhärtet.

6) Der gewöhnliche Cement ist unthätig, wenn der Thon, der sich in seiner Zusammensetzung befindet, nicht Kalk enthält; mit seinem Kalkgehalte wächst seine hydraulische Eigenschaft.

Die Kalkarten, die durch einen beträchtlichen Theil von Eisenoxyd oder Bittererde mager sind, eignen sich nicht zu einer Verwandlung in hydraulische Kalke durch das bloße Zusammenbringen mit Thon und Feuer. Um ihnen diese Eigenschaft zu geben, muß man nicht Thon, sondern Puzzolane oder

Digitized by Google

hydraulischen, durch die Calcination von thonreichem Kalkstein erhaltenen Cement anwenden.

§. 139. In dieser Beziehung müssen wir nun nachstehende Versuche und Fabrications-Verfahren betrachten, und so können sie als Leitfaden bei Bildung künstlicher hydraulischer Kalke dienen. Am sichersten wird man immer gehen, wenn man die zu Gebote stehenden Fossile chemisch prüft und ihnen das zuzutheilen trachtet, was ihnen die Natur zu jenem Zwecke versagte, oder stiefmütterlich gab.

Treussart, der in dem Natron oder Kali, sowie in deren kohlensauren und salzsauren Verbindungen das Hauptagens sieht, hat folgende Versuche angestellt:

1) Nimmt man gemeinen Aetzkalk, löscht ihn mit dem vierten Theile seines Volumens Wasser, worin Soda aufgelöst worden, so daß es 5 Grad am Alkalimeter zeigt, so erhält man einen trocknen, zerfallenen Kalk. Setzt man diesen Staubkalk vier Wochen der Luft aus und brennt ihn dann nochmals in einem Ofen, dann ergiebt sich ein Kalk, der, mit Sand gemischt, einen Mörtel giebt, welcher unter Wasser nach Verlauf von 48 Stunden sehr hart wird.

Dasselbe Resultat entsteht, wenn man kohlensaures Natron, Soda des Handels, anwendet.

2) Wenn, anstatt mit Soda, der Kalk mit dem vierten Theile des Volumens Wasser gelöscht wird, welches mit salzsaurem Natron (Meersalz) gesättigt worden und auf obige Weise verfährt, so erhält man mit Sand einen Mörtel, der im Wasser am Ende von 36 Stunden sehr hart wird.

3) Wenn man einen Kalk auf gleiche Weise mit Kali oder kohlensaurem Kali (Pottasche) be-

handelt, so wird der damit bereitete Mörtel unter Wasser in 36 Stunden sehr hart.

4) Mischt man pulverisirten kohlensauren Kalk mit 0,2 Thonerde und läßt ihn drei Monate lang in Berührung mit Wasser, welches mit Meersalz gesättigt ist, brennt dann den Kalk, so wird der damit und mit Sand bereitete Mörtel in Wasser in fünf Tagen erhärten. Treussart schiebt hierbei die langsamere Erhärtung der Thonerde zu.

5) Löscht man gemeinen Kalk mit dem vierten Volumentheile mit Meersalz gesättigtem Wasser und läßt den zerfallenen Kalk zwei Monate der Luft ausgesetzt, so entsteht ein Kalk, der, ohne einem zweiten Brande unterzogen zu werden, mit Sandzuschlag einen Mörtel giebt, dessen Erhärtung unter Wasser nach Verlauf von 20 Tagen erfolgt.

6) Das Verfahren von Vicat zur Bildung eines künstlichen hydraulischen Kalks besteht darin, daß er den Kalk allmählig an einem trocknen und bedeckten Orte zu Staubkalk zerfallen läßt, ihn dann, mittelst wenig Wasser, mit einer gewissen Quantität grauen oder braunen Thons oder auch mit gemeiner Ziegelerde zum Teig knetet, aus dem er Kugeln formt. Nach dem Trocknen werden diese bei einem passenden Hitzgrade gebrannt, gepülvert und verbraucht.

Die gemeinen sehr fetten Kalke vertragen 0,2 Thon auf 1 Theil Kalk; die mittleren haben genug an 0,15, und für Kalke, die schon etwas hydraulisch an sich sind, genügt 0,10 und selbst 0,06.

Treibt man den Zusatz bis auf 0,33 oder 0,40 Theile, so lös't der Kalk sich nicht auf, pulverisirt sich aber leicht und giebt bei'm Anmachen einen Teig, der sehr schnell unter Wasser bindet. Die Mischung

Digitized by Google

des Thons kann übrigens auf obige Zusatzverhältnisse ebenfalls Einfluß haben.

Dieses Verfahren hat Lacordaire bei dem Bau der Brücke von Mélisey (Haute-Saône) im Großen angewandt. Der Kalk war nicht besonders fett und zeigte bereits etwas hydraulisches Verhalten. Man mischte auf neun Theile Kalk einen Theil Thon bei, suchte die Mengung erst auf trocknem Wege zu bewirken, fand dies aber zu kostspielig. Es wurde daher zuerst in einer Wanne die bestimmte Quantität Thon mit Wasser angerührt und mit dieser Thonlösung der Kalk, der zuvor durch Zerfallen an der Luft, theils durch Benetzen in Pulver gebracht war, zum Teig angemacht.

Daraus entstand ein ziemlich fester Teig, der zu Kugeln von ungefähr 20 Centimeter (7½ Zoll) Größe geformt wurde. Diese blieben fünf bis sechs Tage der Luft ausgesetzt, wo sie wie Kugelhaufen aufgesetzt wurden. Nachdem sie genügende Festigkeit erhalten hatten, brachte man sie in einen Ofen, dessen unteres Gewölbe, sowie die Hintermauerung, von Kalksteinen aufgeführt war, die zugleich das Kalkmaterial zu dem nächsten Teige hergaben.

7) Raucourt in seinem Werk „über Anfertigung der Mörtel" hat sich über die künstlichen, nach Vicat's Methode bereiteten hydraulischen Kalke sehr günstig ausgesprochen, die er im Großen bei dem Toulouner Hafen angewendet hat.

Die Analyse des Kalksteins ergab:

Kohlensauren Kalk	96,00
Kieselerde	2,00
Eisenoxyd	1,50
Verlust	0,50;

er wurde mit dem sechsten Theile Thonerde gemengt, getrocknet und gebrannt.

Digitized by Google

Der Thon enthielt:

Kieselerde	55,00
Thonerde	38,00
Eisenoxyd	7,00.

Fern davon, die Kieselerde als wirkenden Hauptbestandtheil zu betrachten, glaubt Raucourt, daß alle Thone sich zur Umbildung des Kalks in hydraulischen eignen, daß diejenigen aber die wirksamsten seien, welche vorzüglich eisenschüssig wären, und die demnach beim Rösten auf einem rothglühenden Bleche die rötheste Farbe annähmen.

Uebrigens haben die Versuche von Raucourt gezeigt, daß fette und wenig hydraulisch befundene Kalke schneller erhärteten, wenn sie vor ihrer Mischung mit dem Thon die vollkommene Gare hatten; das Gegentheil fand bei schon hydraulischen Kalken Statt.

8) Das Umständliche der Methode von Vicat, mit dem doppelten Brennen und der Manipulation, verursacht einen großen Kostenaufwand, weshalb Vicat vorschlägt, weichere und kreideartige Kalke zu verwenden und das erste Brennen durch eine mechanische Pulverisirung zu ersetzen. Saint-Léger hat durch das letztere Verfahren künstliche hydraulische Kalke erzeugt, die denen von Sénonches nichts nachgeben. Er nimmt dazu vier Gewichtstheile Meudoner Kreide und einen Theil Thon von Passy oder Vanvres.

Die Analyse von Perthier von diesen Thonarten hat folgende Resultate gegeben:

	Thon von Passy.		Thon von Vanves.	
	frisch.	trocken.	frisch.	trocken.
Kieselerde	0,585	0,622	0,545	0,630
Thonerde	0,258	0,300	0,244	0,282
Eisenoxyd	0,055	0,064	0,059	0,068
Wasser	0,140	—	0,135	—
Verlust	0,012	0,014	0,017	0,020

Die Kreide und der Thon den nach obigem Verhältnisse zerschlagen und in einem runden Bassin mit Wasser mittelst eines Mühlsteins, den ein Pferd treibt, gerieben, bis die Mischung einen flüssigen, gleichartigen Brei bildet, wobei Kiesel, Kalkstücke und andere fremde Körper sorgfältig entfernt werden müssen. Diesen Brei läßt man in bedeckte Bassins ab, wo die Mischung von Thon und Kreide sich nach einigen Tagen abgesetzt haben wird, und das oben stehende Wasser durch Pumpen oder andere Hülfsmittel abgeschöpft werden kann. Sobald der Rückstand die Consistenz des plastischen Thons angenommen hat, zerschneidet man ihn in längliche Stücke von ungefähr einem Cubikcentimeter Inhalt und läßt diese auf bedeckten Ziegelgerüsten unter Luftzutritt vollkommen trocknen. Nun werden sie in den Ofen eingesetzt.

Dieser hat die Form von zwei mit ihren Grundebenen zusammengestellten Kegeln, wird von oben beschickt, indem man eine Schicht zerschlagener Steinkohlen und eine Lage geformter Ballen einträgt. Man zündet den Ofen von unten; nach 24 Stunden werden die unteren Ballen in hydraulischen Kalk umgewandelt sein und man zieht sie mittelst einer unterhalb gemachten Oeffnung. Wie der Einsatz sich

Digitized by Google

nach und nach sinkt, werden frische Schichten oben eingebracht und so fortgefahren.

St. Léger nimmt zur Feuerung Koks, wobei fast kein Rauch bemerkt wird; auch verbraucht derselbe Eschenkohlen.

Der so gewonnene Kalk ist schmutziggrau, löst sich vollkommen in Säuren und wächst um 0,65 seines Volumens bei dem gewöhnlichen Löschen, wenn man mit Sorgfalt die Stücke ausscheidet, die unvollständig gebrannt sind. Das Brennen erfordert Vorsicht, und nur viele Versuche führen zu einem sichern Verfahren, wenn man anderes Material, als das von St. Léger angegebene, anwenden will.

Bei der Aquäductbrücke von Guétin hat sich St. Léger zum Brennen des künstlichen Cements eines doppelten Ofens bedient, Figur 53. Auf den geneigten Flächen der Grundmauer, welche die beiden Heerde trennt, sind Rinnen von aufrecht gesetzten Backsteinen; diese Rinnen dienen als Züge und machen, daß die Flamme schnell in den mittlern Theil des Ofens steigt.

Man stützt die Füllung über den Heerden mit Hülfe von Gewölben, die, mit Oeffnungen versehen, aus feuerbeständigen Ziegeln eingebaut werden.

Ein solcher Ofen enthält 7000 Ballen, woraus gegen 10 Cubikmeter Cement gemacht werden. Man braucht einen Tag zum Einsetzen, gegen anderthalben Tag für den Brand und 2½ Tag zur Abkühlung und zu dem Ausbringen.

Es formten zwei Mann in einer Tagesschicht 3000 bis 3500 dreikantige prismatische Steine, deren 650 einen Cubikfuß ausmachen. Das Trocknen dauert sechs bis acht Tage, die Feuerung 30 bis 40 Stunden.

Petitot hat auf ähnliche Weise hydraulischen Kalk aus der Kreide von Vitry-le-Français bereitet,

ohne das Verfahren von St. Léger zu kennen und ist zu günstigen Resultaten gelangt.

§. 140. Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes dürfen die sorgfältigen Versuche von Pasley nicht übergangen werden. Er verfuhr dabei nach einer synthetischen Methode, indem er nach und nach einfache, dann zusammengesetzte Verbindungen der durch chemische Analysen erkannten Bestandtheile natürlicher hydraulischen Kalke und Cemente bildete.

1) Kohlensaurer Kalk, Kieselerde und Thonerde mit Metalloxyden. Die Beimischung von Eisenoxyd giebt zuweilen einen guten Cement, aber der Erfolg ist ein sehr unsicherer. Mangan- oder rothes Bleioxyd zugesetzt, giebt ebenfalls gute Cemente.

2) Kohlensaurer Kalk, Kiesel- und Thonerde mit kohlensaurer Bittererde. Der mäßig gebrannte Cement ist weiß, der stärker gebrannte dunkelschieferfarbig; beide sind gleich gut.

3) Kreide und blauer Alluvial-Letten von Medway gab ein gelungenes Resultat, wobei der Letten als ein Gemisch von Kieselerde, Thonerde und Eisenoxydul betrachtet werden muß.

4) Kreide, brauner Alluvial-Letten oder der von Flüssen abgesetzte Thon gab scheinbar einen vortrefflichen Cement, der sofort unter Wasser bindet, aber nach einigen Tagen Sprünge bekommt und nach acht Tagen ganz abbröckelt.

5) Kreide und gelegener Alluvial-Thon. Der an der Luft gelegene blaue Alluvialthon verliert seine dunkelblaue Farbe und kräftigsten Eigenschaften; er nimmt die bräunliche Farbe an, welche den oberflächlichen Thonen eigen ist

und scheint einer Art von Zersetzung erlegen zu haben, die ihm einen Theil seiner Güte geraubt hat. Dergleichen von Flüssen und Seen abgesetzter Alluvialthon verliert stets, wenn er dem Austrocknen an der Luft ausgesetzt wird.

6) Kreide und brauner Grubenthon (aus der Gegend von Upnor und Hoo) gaben gute hydraulische Cemente, wenn man sie im Verhältniß von fünf Volumtheilen Kreide und zwei Theilen Thon mengte. Dergleichen Thon verliert nicht an Güte bei'm Trocknen im Freien.

7) Kreide und Mehl von Mauerziegeln, die aus diesem Grubenthone gestrichen waren, gemengt und wie gewöhnlich gebrannt, gaben kein befriedigendes Resultat. Dasselbe ungünstige Product erhielt man mit Dachziegeln.

8) Kreide und Walkererde *) gab völlig unbefriedigende Resultate.

§. 141. Das Brennen der Mergelarten, welche zu künstlichem hydraulischem Kalke verwendet werden sollen, erfordert besondere Rücksichten.

Es giebt Mergel, die ein gelindes, aber lange dauerndes Brennen erheischen; solche, die nur eine kurz andauernde hohe Hitze ertragen und solche, die, gleichviel, ob gelinder oder stärker gebrannt, vorzügliche hydraulische Kalke liefern.

Der erste Fall tritt ein, wenn der thonige Bestandtheil *) sehr vorwaltend aus Kieselerde allein besteht.

*) Enthält 53,0 Kieselerde, 10,0 Thonerde, 9,75 Eisenoxyd, 1,25 Magnesia, 0,5 Kalk.

*) Nicht der Thongehalt eines Mergels überhaupt, sondern die chemische Zusammensetzung dieses sogenannten Thons ist wesentliche Bedingung für einen guten hydraulischen Kalk.

Digitized by Google

Dieser Fall kommt bei deutschen Mergelarten sehr oft vor; oft ist die Thonerde quantitativ kaum mehr in Anschlag zu bringen. Die Hitze darf nicht höher getrieben werden, als eben ausreicht, den kohlensauren Kalk in Aetzkalk zu verwandeln und einen Theil der Kieselerde aufzuschließen. Bei zu hoher Hitze tritt zu viel Kalk an die Kieselerde, was erst bei'm Anmachen mit Wasser geschehen dürfte. Auch verschlacken diese Mergelarten durch Bildung von kieselsaurem Kalk und sind am schwierigsten zu brennen.

Ist die Hitze zu schwach, so wird die Kieselerde (besonders wenn das Quarzpulver nicht sehr fein ist) nicht genug aufgeschlossen; bei zu hoher Hitze tritt der vorerwähnte Zustand ein und macht den Cement für Erhärtung unter Wasser unwirksam.

Im zweiten Falle, wenn der thonige Bestandtheil vorwaltend aus einer Verbindung von Thonerde und Kieselerde besteht (plastischer Thon), gehört eine hohe Temperatur zum Aufschließen, er darf aber sodann in diesem Zustande nicht lange mit Aetzkalk geglüht werden, weil sich sonst schon bei'm Brennen ein basisches Kalk-Thonerdesilicat bildet, welches später mit Wasser nicht mehr bindet. Günstiger stellen sich die Verhältnisse, wenn der Mergel reich ist an Eisenoxyd. Aehnlich wie dieses verhält sich auch das Manganoxyd (im Roman-Cement).

Die besten hydraulischen Kalke werden endlich jene Mergel liefern, welche als thonigen Bestandtheil Silicate enthalten, in denen alle Kieselerde mit solchen basischen Körpern hinlänglich (jedoch nie im Uebermaße) gesättigt ist, die im Feuer leicht aufgeschlossen, aber nicht durch Kalk getrennt werden, wohl aber im aufgeschlossenen Zustande auf nassem Wege mit Kalk cementirt, von diesem durch Substitution äquivalente Theile aufnehmen. Ein Gehalt an Kali

und Natron im Thon wird immer günstig und beschleunigend auf die Erhärtung einwirken, weil diese Basen der Kieselerde gegenüber gänzlich dem Kalke überlassen und in Wasser gelöst austreten. So nehmen, nach Kuhlmann, mittelmäßige hydraulische Kalke, welche sehr vorwaltend Kieselerde als thonigen Bestandtheil enthalten, an Güte sehr zu, wenn man sie mit Pottasche glüht.

Durch heftiges Glühen eines Gemenges von

22,2 Theilen Kieselerde,
1,6 „ kohlensaurem Kali,
8,0 „ kohlensaurem Natron,
7,7 „ Thonerde,
5,3 „ Eisenoxyd

erhält man eine schwärzliche Schlacke, welche sich auch im Portland-Cement wiederfindet, dessen schwärzlichgrünlich-graue Farbe bedingt und mit Kalk und Wasser angerührt unter Wasser sehr gut erhärtet. Die englischen Architecten prüfen den Cement durch den Geschmack und verwerfen den, welcher sehr ätzend schmeckt. Es läßt sich diese Probe darauf zurückführen, daß bei einem gut gebrannten Cement ein gewisser Grad von Schmelzung oder doch Sintern des thonigen Bestandtheils Statt finden muß, wodurch die Theilchen des Aetzkalks eine glasartige Decke erhalten und der Zunge den ätzenden Geschmack verhüllen.

Und diese Umhüllung ist es auch, die den Zutritt des Kalks an die Kieselerde während des Brennens verhindert und bis zum Anmachen mit Wasser aufspart.

§. 142. **Der hydraulische Kalk von Joachimsthal.** Auf der königlich preußischen Ziegelei bei Joachimsthal am Werbellin-See wird hydraulischer Kalk aus drei Theilen kohlensaurem Mergelkalk, zwei Theilen ungeschlämmter, jedoch gut

durchwitterter Thonerde und einer geringen Quantität fein gepülvertem Eisenocker, etwa $\frac{1}{10}$ der beiden vorigen Substanzen, bereitet.

Der Mergel findet sich im Wiesengrunde am Werbellin-See in hinreichender Menge. Er wird im Herbste gegraben und in 2 Fuß hohen Haufen der Witterung den Winter hindurch ausgesetzt. Im durchwitterten Zustande ist er im Wasser leicht löslich und läßt sich leicht mit dem Thon ꝛc. vermischen.

Die drei genannten Substanzen werden zusammen eingesumpft und nach gehöriger Durchweichung zwei Mal durch den Thonschneider getrieben, um eine vollständige Verbindung einzugehen. Die Masse wird in Ziegelsteinformen gestrichen, auf Gerüsten getrocknet und scharf gebrannt.

Nach dem Brande werden dieselben in den durch Wasserkraft getriebenen Stampfwerken gestampft und dann zwischen zwei liegenden Granitsteinen von 4 Fuß Durchmesser zu einem ganz feinen Pulver gemahlen, welches in Säcken oder Tonnen versendet wird.

Bei'm Gebrauche rührt man das Pulver, je nach dem momentanen Bedürfnisse, mit Wasser an und muß es sofort verbrauchen; bei einem Anfrischen nach dem sehr bald erfolgenden Binden mit Wasser würde die Festigkeit verlieren.

Zusatz von Sand oder Ziegelmehl verträgt dieser Cement nicht. Ebenso wenig darf man das Mischungsverhältniß ändern, um eine fettere Substanz erzielen und dann einen Zuschlag geben zu wollen.

§. 143. John hat versucht, auch aus Meermuscheln einen hydraulischen Kalk zu bereiten, indem er zu den gebrannten Schalen die Zuthaten mischte, welche die hydraulische Eigenschaft zu bedingen scheinen. Er fand, daß ein Gemenge von gepülverten Muschel-

Digitized by Google

schalen mit $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{15}$ Thon gute hydraulische Kalke gaben.

Dasselbe Resultat würde sich ergeben, wenn man den Thon mit dem zerfallenen Muschelkalke in einen Teig verwandelte und das Gemisch nach dem Trocknen brennte.

§. 144. Beschreibung eines kleinen Ofens zu Versuchen. Wenn man eine Quantität Steine auf ihre Güte als Kalk untersuchen will, ohne einen Kalkofen in der Nähe zu haben, so kann man sich jenes kleinen Ofens bedienen, dessen Construction die Figuren 41, 42 und 43 genügend angeben.

Man bringt den Kalkstein auf den Rost g durch die Oeffnung e und zündet auf dem Roste G ein Feuer von Steinkohlen, Koks oder Holzkohlen an. Eine in der blechernen Röhre t angebrachte Klappe dient zur Regulirung der Stärke des Feuers. Die innere Verkleidung des Ofens wird von Charmottesteinen gefertigt und mit einem groben Mauerwerke umgeben. In fünf bis sechs Stunden läßt sich eine hinreichende Masse Kalk fabriciren, um damit einen beliebigen Mörtel zu bereiten.

Digitized by Google

Viertes Capitel.

Von den gewöhnlichen Mörteln.

§. 145. Bekanntlich ist Mörtel eine Zusammensetzung von Kalk mit Sand, Cement oder anderen Zuschlägen. Seine Zusammensetzung kann nach der Oertlichkeit und nach dem verschiedenen Material, welches durch ihn massig verbunden werden soll, verschieden sein.

Die nachstehend angegebenen Mörtel gehören zu den am meisten üblichen.

Da deren Bereitung aber ohne vorhergegangenes Löschen des Kalks, d. h., ohne daß dieser zuvor zum Teig gemacht worden, nicht geschehen kann, so werden wir vorher die durch den Gebrauch eingeführten Mittel, dies zu bewirken, besprechen und dabei das Gedeihen des Kalks bei'm Löschen in Erwägung ziehen.

Erster Abschnitt.

Von den verschiedenen Arten des Kalklöschens.

Das Kalkeinlöschen geschieht auf dreierlei Weise:

1) Durch Anrühren mit Wasser (Einsumpfen).

2) Durch Eintauchen und Zerfallen in Pulverform, und

3) allmählig durch Einwirkung der freien Luft (zerfallener Kalk).

1) Gewöhnliches Löschen oder Einsumpfen.

Löschen durch Einsumpfen. Dieses Löschen geschieht in einem von Bretern zusammengeschlagenen viereckigen Kasten, Löschbank, von der Größe, daß einige Kalksteine etwa 1¼ bis 1½ Fuß hoch darin liegen können. Die Seitenbreter sind ungefähr 18 Zoll hoch.

Der Boden dieser Löschbank wird gegen eine unmittelbar daran angelegte Grube, Kalkgrube, etwas abschüssig gelegt, damit der gelöschte Kalk gut abfließe. In der Seite zunächst der Grube befindet sich zu diesem Zwecke ein Einschnitt, gegen ¾ bis 1 Fuß breit, der mittelst eines Schiebers oder Schützbretes beliebig geöffnet und geschlossen werden kann.

Man schüttet einige Karren gebrannter Kalksteine in die Löschbank, die man flach verbreitet, so daß der Boden damit bedeckt ist, und gießt so viel Wasser darauf, daß die Köpfe oder Spitzen der Steine noch darüber ragen.

Der Kalk fängt sogleich an zu prasseln, zu erhitzen; das überschüssige Wasser beginnt zu sieden, wobei sich ein starker Dampf entwickelt. Sobald dieses ziemlich vorüber ist, werden die Stücke mit der Kalkkrücke (Kalkhacke) auseinander gestoßen, gut gerührt und durcharbeitet, damit sich Alles auflöse. Man gießt allmählig unter Rühren noch so viel Wasser zu, bis der Kalk zu einem dünnen, fließenden Brei geworden.

Zu wenig Wasser bei'm Löschen ist ebenso schädlich, wie zu viel; im ersten Falle verbrennt der Kalk, im zweiten wird er ersäuft. Man hat dafür zu sorgen, daß man das erste Mal genug Wasser zuschütte, um nicht in dem Momente des Aufkochens

nachgießen zu müssen. Das Aufwallen muß vorüber sein, bevor man mehr Wasser zuschütten darf. Verbrannter Kalk wird in der Grube hart und trocken, indeß ein gut gelöschter Kalk stets weich wie Butter bleibt.

Sobald sich kein Dampf mehr entwickelt und der Kalk nicht mehr schäumt, sondern einem fetten Rahme gleich ist, zieht man den Schieber und läßt ihn in die Grube abfließen; darauf beginnt man die Operation des Löschens mit frischem Kalke ꝛc.

In der Grube erhält der Kalk erst seine Gare. Es löschen sich nachträglich noch die trägeren Kalktheile, das überschüssige Wasser wird noch gebunden oder verdunstet und der gelöschte Kalk erhält die fette, steife und speckige Consistenz, die er zum Mörtel haben soll. Sobald er diese angenommen hat, welches in einigen Tagen geschieht, ist er zum Gebrauche geeignet; und es ist Vorurtheil, daß der Kalk durch langes Liegen sich verbessere; obgleich er auch nach einer langen Reihe von Jahren ebenso brauchbar ist, wenn er gegen Zutritt der Luft verwahrt war.

Bei dem Ausstechen aus der Grube muß der Kalk lagenweise herausgenommen und sogleich wieder einen Fuß hoch mit Sand bedeckt werden. Gut verwahrt hält sich der Kalk lange unverändert; man hat vergessene Gruben mit eingelöschtem Kalk aufgefunden, der (gänzlich verschüttet) über 300 Jahre gelegen hatte und vollkommen bindend und vortrefflich als Mörtel war.

2) Löschen durch Eintauchen oder Besprengen.

a) Löschen durch Besprengen. Bei diesem bildet man eine Unterlage von Sand mit Vertiefung in der Mitte, wohinein man den Kalk schüttet. Man besprengt ihn mittelst einer Brause und giebt ihm so viel Wasser, als zum Zerfallen und

Uebergange in Teig erforderlich ist, und deckt ihn dann schnell mit dem Sande zu. Unter dieser Decke läßt man ihn unberührt stehen, bis er vollkommen angezogen hat. Bei fettem Kalke entsteht eine Wärmeentwickelung, die Begleiterin des Löschens ist und dieses im Verlauf von zwei bis drei Stunden vollendet. Man giebt bei hydraulischem Kalke dieser Methode den Vorzug vor dem Löschen durch Einsumpfen, da durch Zusammenhalten der Hitze unter der Sanddecke das Löschen erleichtert und inniger wird.

b) Löschen durch Eintauchen. Hierbei verfährt man folgendermaßen: Der gebrannte Kalk wird in nußgroße Stücke zerschlagen, in einen weit geflochtenen Korb gefüllt und mit diesem unter Wasser getaucht. Man hält ihn so lange unter, bis das Wasser auf der Oberfläche zu kochen beginnt. Nach dem Herausziehen läßt man einen Augenblick abtropfen und schüttet die Körbe in Kästen oder Fässer aus. Indem sich hier die Hitze concentrirt, kann eine große Menge des Wassers nicht verdunsten und wird durch den Kalk selbst absorbirt, der sich dabei in Pulver zersetzt. Um den Kalk in diesem Zustande aufzubewahren, sind die Kästen oder Tonnen mit Stroh zu bedecken und an einem gegen Feuchtigkeit geschützten Orte unterzubringen.

3) Das allmählige Löschen, Löschen an der Luft. Diese Art zu löschen, geschieht, indem man den Kalk der langsamen und anhaltenden Einwirkung der atmosphärischen Luft aussetzt. Durch deren Einfluß reducirt er sich in ein staubartiges Pulver, mit leichter Entwickelung von Wärme, jedoch ohne sichtbaren Dunst. Man muß sorgen, daß das Löschen nicht bei feuchter Luft geschehe und hält den Proceß durch dichtes Verschließen des Kalks auf, wenn das Zerfallen vollständig erfolgt ist.

Der zerfallene Kalk muß mit derselben Sorgfalt, wie der durch Eintauchen gelöschte, aufbewahrt werden.

4) Noch ist eine Löschart, das verdeckte Löschen in der Grube, zu erwähnen, dem viel Vorzug zugeschrieben wird. Man wirft nämlich in die Grube eine Schicht Kalk und gießt so viel Wasser darauf, bis der Kalk davon knapp überdeckt wird, worauf man eine Schicht Sand wirft und so bis zur Füllung der Grube fortfährt. Sobald die obere Sandschicht Risse erhält, deckt man diese durch Sand von Zeit zu Zeit zu und überläßt dann den Kalk sich selbst. Den auf diese Weise gelöschten Kalk nennt man trocken gelöschten.

§. 147. Von dem Löschen überhaupt. Allen Erfahrungen nach hat die Art zu löschen großen Einfluß auf die Qualität des Mörtels, weniger bei dem gemeinen, als bei dem hydraulischen Mörtel. Vicat behauptet, daß man die Kraft des gewöhnlichen Mörtels noch verdoppeln könnte, wenn man die zweckmäßigste Löschart anwendete.

Nachstehende Resultate von dessen Versuchen sollen nicht als absolute Resultate gelten, sondern mehr ein Anhalten geben, wonach der Modus des Löschens in Bezug auf die Qualität des Mörtels zu beurtheilen ist.

Für die gemeinen, fetten oder mitteln (Luft-) Kalke, sowie für diejenigen hydraulischen Kalke, welche zu gewöhnlichem Mörtel dienen sollen, steht nach der Ordnung von der niedrigsten zur höchsten Stufe 1) das Zerfallen an der Luft; 2) das Löschen durch Eintauchen; 3) das gewöhnliche Einsumpfen.

Bei stark hydraulischen Kalken ist dagegen die Folge nach dem Höhern: 1) das gewöhnliche Einsumpfen; 2) das Löschen durch Eintauchen; 3) das Zerfallen.

Digitized by Google

Bei hydraulischen Mörteln und Betons kann die Art des Löschens großen Einfluß auf deren Dauer haben; bei gemeinen, sowohl fetten, mitteln, als mageren Kalken, wie auch bei den wenig kräftigen hydraulischen Kalken rangiren die Verfahren des Löschens: 1) Zerfallen an der Luft; 2) durch Eintauchen; 3) durch Einsumpfen.

Vicat meint jedoch, daß die letzteren Resultate nach der Natur des angewandten Cements modificirt werden können. Diese Bemerkung macht die Frage noch verwickelter und es genügt, sie blos anzugeben, um zu zeigen, welche Versuche vorhergehen müssen, die Frage vollkommen local zu lösen.

Bei Verbindung von Cementen mit hydraulischen Kalken sind die Löschverfahren nach der Rangordnung aufwärts: 1) gewöhnliches Einsumpfen; 2) durch Eintauchen; 3) durch Zerfallen.

Vergleichende Versuche, um die zweckmäßigste Art des Löschens für hydraulische Mörtel zu ermitteln, die aus hydraulischem Kalk, Cement und Sand bestehen, scheinen nicht gemacht zu sein; am häufigsten wendet man das Löschen durch Eintauchen für diese Gattung von Mörteln an, woraus man einigermaßen schließen kann, daß dieses den Vorzug verdiene. Die holländischen Maurer ziehen das Löschen durch allmähliges Zerfallen bei dem Bereiten von hydraulischen Mörteln aus Sand und Traß vor.

Das gewöhnliche Löschen bietet keinerlei Schwierigkeit, nur ist es wesentlich, dazu nicht mehr, als die streng nothwendige Menge Wasser zu nehmen. Diese zu ermitteln, nehme man ein Stück lebendigen Kalk, wäge es genau und lege es in ein Glas oder anderes Geschirr. Nun gießt man eine beliebige Quantität Wasser darauf, jedoch mehr, als zum Löschen nöthig. Wenn das Wasser seine Wirkung gethan hat, wird der zu Brei gelöschte Kalk auf dem

Boden des Gefäßes lagern und von dem überschüssigen Wasser bedeckt sein.

Man lasse dieses sich vollkommen abklären, wäge den Brei und ziehe von seinem Gewicht das des lebendigen Kalks ab; die Differenz zeigt das von dem Kalk aufgenommene Wassergewicht an, und giebt genau an, wie viel bei'm Löschen genommen werden muß. Es ist leicht, nach dem gefundenen Gewicht dessen Volumen oder das nöthige Hohlmaß zu berechnen oder versuchsweise auszumitteln.

Bei'm Füllen des Kalkkastens, worin das Löschen geschehen soll, darf nur so viel Kalk eingeschüttet werden, daß dieser bei'm Anschwellen nicht über die Ränder des Behälters quelle.

Es ist, wie bereits erwähnt, wesentlich, das ganze Wasser zwar nacheinander, aber doch ununterbrochen in den Löschkasten zu gießen, was zu dem Löschen erforderlich ist; hätte man dessen nicht genug eingeschüttet, so muß man damit wenigstens warten, bis der Kalk sein Feuer verloren hat, sonst wird der Kalk träge, bleibt körnig und zertheilt sich nicht.

§. 148. In England bedient man sich häufig zum Löschen des Kalks der Figur 44 abgebildeten Maschine, welche der Erklärung nicht weiter bedarf.

Zuweilen sind die hydraulischen und stark hydraulischen Kalke, denen die gemeine Löschweise zukommt, sehr träg und löschen sich schwer; einige löschen sich sogar nur unvollkommen und lassen steinartige Rückstände. In solchen Fällen muß der Kalk vor dem Löschen gemahlen werden.

Das Löschen des hydraulischen Kalks durch Einsumpfen verlangt besondere Sorgfalt. Nachstehendes Verfahren schreibt Vicat vor:

Man schüttet den gebrannten Kalk in Stücken in den Kalkkasten und breitet ihn gleichmäßig aus.

Hierauf gießt man das erforderliche Waſſer zu und trachtet, daß es die leeren Räume überall ausfülle. So weit ſtimmt das Verfahren mit dem gewöhnlichen Einſumpfen überein; es weicht aber von dem Augenblicke des Aufkochens an inſoweit ab, daß man die Maſſe durchaus nicht zum Brei rühren darf, ſondern höchſtens durch Ziehen von Rinnen mittelſt der Schaufel dem Waſſer einen gleichmäßigen Zutritt verſchaffe, wenn zufällig einige Kalkbrocken zu trocken liegen, und von Zeit zu Zeit mit einem Stocke in die Stellen ſticht, wohin das Waſſer weniger gedrungen ſein könnte.

Wenn der herausgezogene Stock mit breiigem Kalke umhüllt iſt, ſo hat das Löſchen ſeinen normalen Gang; ſteigt aber bei'm Herausziehen ein mehliger Qualm auf, ſo iſt dies ein Zeichen, daß der Kalk blos trocken zerfallen iſt, und man muß dieſen Stellen durch Einſtechen mehrerer Löcher ſofort Waſſer zuführen.

Manche hydrauliſche Kalke, worunter der von Senonche, verlangen dagegen das Löſchen durch Beſprengen mittelſt einer Brauſe.

Man darf auf ein Mal nicht mehr löſchen, als man zu der Tagesarbeit zu verbrauchen denkt. Auch ſind zwei Behälter oder zwei Abtheilungen in einem Behälter unentbehrlich; man beginnt das andere zu füllen, wenn das eine geleert iſt. Gewöhnlich löſcht man Abends ein, dadurch hat der Kalk 24 Stunden Zeit, zu arbeiten, ſo daß die trägen Theile alle aufgehen.

Der auf dieſe Weiſe gelöſchte Kalk iſt den andern Tag ſchon ganz feſt, man muß ihn hacken oder mit einer ſcharfen Schaufel ausſchneiden: es ſcheint, als ob er dann nicht in den Zuſtand eines Teigs gebracht werden könnte, man täuſcht ſich jedoch.

Digitized by Google

Wenn, anstatt des lebendigen Kalks, zerfallener genommen wird, sind die Löschkästen unnütz; das Anmachen zum Teig geschieht nach und nach, wie man ihn braucht; nun muß man dann die Menge des Wassers so eintheilen, daß die Consistenz jedes Mal dieselbe wird.

Es sind verschiedene Apparate angegeben, den Kalk durch Eintauchen zu löschen; keiner hat aber den Ansprüchen genügt und man hat sich immer an die Handarbeit gehalten *).

§. 149. Das Löschen an der Luft, welches an sich kostenersparender ist, weil man dabei den lebendigen Kalk nur unter einen Schuppen zu bringen braucht, der zwar der Luft möglichst zugänglich ist, aber gegen starke Winde Schutz giebt, ist diejenige Löschmethode, die wegen des erforderlichen Platzes die meiste Verlegenheit herbeiführt. Den auf dem Fußboden ausgebreiteten Kalk darf nur 30 bis 50 Centimeter (11 bis 18 Zoll) Dicke haben und muß mehrere Tage, zuweilen Monate liegen, was bei größeren Bauten Schuppen von ansehnlicher Ausdehnung nöthig macht.

Diesem Uebelstande kann dadurch abgeholfen werden, daß man in dem Schuppen der Höhe nach mehrere Böden in 60 bis 75 Centimeter (1 Fuß 10 Zoll bis 2 Fuß 4 Zoll) Abstand einzieht. Diese Böden müssen beweglich sein, so daß man beim Aufschütten die Bohlen des obern wegnehmen kann, damit ein Mann auf dem darunter liegenden stehend arbeiten und den Kalk gleichmäßig verbreiten könne.

Diese Bedingung fordert, daß man stets bei den unteren Böden mit dem Aufschütten den Anfang

*) Das Detail solcher Apparate kann man in Raucourt Traité sur l'art de faire de bons mortier, Petersburg, 1822, nachlesen.

mache. Die verschiedenen Kalklagen müssen von Zeit zu Zeit mit einer Gabel aufgelockert werden.

Wenn man für gerathen hält, den Kalk vor der Anwendung zu zermalmen, kann man sich einer Cementmühle oder der in Figur 46 gezeichneten Maschine bedienen, die St. Léger benutzt, um die Mischung zu dem hydraulischen Kalke zu bewirken.

Im Allgemeinen muß man bei der Wahl der Löschmethode der Unwissenheit und dem Schlendrian der Maurer Trotz bieten, die oft die beste Methode des Löschens einzig darum zurückweisen, weil der Kalk dabei weniger gedeiht (aufschwillt), oder die Operation mühsamer ist.

Zuweilen verwerfen die Arbeiter aus demselben Motiv vorzüglichere Arten des Kalks gegen die, mit denen zu arbeiten sie gewohnt sind. So wird in dem Devartement Calvados die Hälfte des von den meisten Oefen gelieferten hydraulischen Kalks von den Oekonomen verwendet, während die Maurer ihn durchaus nicht gebrauchen, weil er weniger gedeiht, als andere und weil sie, wegen seines schnellen Erhärtens, gezwungen sein würden, von ihrer Bequemlichkeit abzugehen.

Kurz, man hat immer die beste Kalksorte auszuwählen, welche in der Gegend getroffen wird, wenn auch das gemeine Vorurtheil dagegen und der Anschaffungspreis ein höherer ist. Es wird dieser durch die größere Festigkeit und Dauer vielfach compensirt. Bei größeren Arbeiten muß das Löschen stets nach dem von dem Ingenieur erprobten Verfahren und gleichmäßig während der ganzen Dauer des Baues geschehen. Auch ist es besser, den Kalk auf dem Bauplatze selbst zu löschen, besonders wenn der Bau von einiger Wichtigkeit ist.

§. 150. Versuche mit Rüdersdorfer Kalkstein in Bezug auf das Einlöschen.

Digitized by Google

Der Ober-Baudirector Trieſt hat folgende Verſuche angeſtellt, die ſich auf das Verhalten des gebrannten Kalks aus Rüdersdorfer Brüchen beziehen und ungefähre Verhältnißzahlen geben.

Der Cubikfuß Kalkſtein wog	160	Pfund	23½ Loth,
gebrannt enthielt er noch .	83	„	17 „
mithin war der Gewichtsverluſt	77	Pfund	6½ Loth.

Gelöſcht gab derſelbe, nachdem er in der Grube ſteif geworden, 3½ Cubikfuß.

Das Gewicht des gelöſchten Kalks, der aus einem Cubikfuß lebendigen entſteht, betrug	280	Pfund	31 Loth,
rechnet man das obige Gewicht des gebrannten Kalks ab	83	„	17 „
ſo ergiebt ſich ein Mehrgewicht von	197	Pfund	14 Loth.

Zuſammenſtellung dieſer Reſultate.

Gewicht eines Cubikfußes rohen Kalkſteins.	Gewicht des daraus gebrannten Kalks.	Menge des daraus gelöſchten Kalks.	Gewicht dieſes gelöſchten Kalks.
160 Pfd. 23½ Lth.	83 Pfd. 17 Lth.	3½ Cubikfuß.	280 Pfd. 31 Lth.

Es wird ſonach durch das Löſchen nicht allein die Maſſe, ſondern auch das Gewicht, gegen den gebrannten Kalk, um 3½ Mal vermehrt, und dieſe Vermehrung iſt es, die man das Gedeihen (Wachſen) des Kalks nennt. Es müßte ſonach die Tonne (4½ Cubikfuß) gebrannter Kalk mindeſtens 13½ Cubikfuß gelöſchten Kalk geben.

Digitized by Google

Wegen Einmaßes und andern Verlustes kann man aber von einer Tonne nur 12 Cubikfuß gelöschten Kalk rechnen; welches noch geringer ausfällt, wenn der Kalk nicht frisch, oder weit transportirt werden muß.

Dieses dem Steinkalk eigenthümliche Gedeihen fällt bei'm Mergel weg, dessen Masse und Gewicht sich bei dem Löschen nicht vermehrt.

Andere sehr genaue Versuche mit diesen Steinen ergaben, daß der mit Holz gebrannte Kalk $\frac{4}{5}$, der mit Steinkohlen gebrannte $\frac{7}{10}$, letzterer also $\frac{1}{144}$ weniger am Gewicht verloren hatte. Dagegen ergab der mit Steinkohlen gebrannte Kalk weit weniger an gelöschtem Kalk, als der durch Holzbrand erzeugte. Und nach Versuchen von Eiselen fand sich, daß der mit Torf gebrannte Kalk wieder um den zehnten bis elften Theil mehr gedieh, als der mit Holz gebrannte.

Der Rüdersdorfer Steinkalk, vorzüglich der bläuliche, ist zuweilen so fett, daß drei bis vier Theile Sand noch nicht vermögen, daraus steifen Mörtel zu bereiten.

Zweiter Abschnitt.

Von dem Gedeihen, Wachsen (foisonnement).

§. 151. Schon nach dem hier und da Bemerkten kann man abnehmen, daß das Gedeihen des Kalks bei dem Löschen keineswegs constant ist, vielmehr durch Erfahrungen für jede Art des Kalks und für jede der drei Löscharten ermittelt werden muß.

Bei dem gewöhnlichen Verfahren geben die sehr fetten Kalke, zu diesem Brei gelöscht, dem

Volumen nach bis zu 3,10 auf 1. Es giebt aber gemeinen Kalk, der nur zu 1,50 und sogar 1,25 gedeiht, wie der von Couvin bei Rocroi, und 1,20, wie der von Sedan. Auch das Gedeihen des hydraulischen Kalks bietet große Differenzen. Mancher giebt nur 1,20 auf 1; und überhaupt gedeihen diese weit weniger, als die gemeinen Kalke.

Der hydraulische Kalk von Obernheim, der von dem General Treuffart entdeckt und in Straßburg verarbeitet wurde, wächst bei'm gewöhnlichen Löschen gar nicht, bei dem durch Eintauchen oder einem ähnlichen Verfahren ungefähr um 0,40.

Bei dem Löschen durch Eintauchen giebt ziemlich allgemein der ordinäre Kalk 1,50 bis 1,70 auf 1, und der gepülvert eingemessene hydraulische Kalk 1,08 bis 2,20. Der Capitän Larabit hat jedoch bei dem oben erwähnten Kalk von Coubin ein eigenes Verhalten beobachtet, indem dieser bei dem gewöhnlichen Löschen um 0,25 seines Volumens, bei dem Eintauchen aber um 1,70 auf 1 gedeiht.

Macht man nämlich den, nach dem letzten Verfahren, in Pulver zerfallenen Kalk zum Teig an, so giebt 1 Theil lebendiger Kalk nur 0,75 Theile angemachten, nachdem er im Ganzen 0,68 Wasser absorbirt hat. Dieser Fall gewinnt dadurch Gewicht, daß er beweis't, wie wenig man hierbei nach Analogien schließen darf und wie nöthig es ist, bei jeder Localität genugende Versuche anzustellen.

Das Löschverfahren, welches zu Lille und in einigen anderen Städten gebräuchlich ist, stimmt mit dem oben besprochenen und von Lafaye eingeführten überein. Beregère beschreibt es folgendermaßen: Man schüttet so viel Wasser auf den Kalk, daß er in ganz feines Pulver zerfallen kann; hierauf bedeckt man ihn mit so viel Sand, als zum Mörtel nöthig ist. Dieser Sand dient, die Hitze des Hau-

fens beisammen zu halten und dadurch die Reduction des Kalks zu einem unfühlbaren Pulver zu befördern. Diese Methode aber, sowie die von Lafaye, verlangt eine große Ueberwachung der Arbeiter, damit in der Mischung keine ungelöschten Kalkbrocken bleiben. Bergère schreibt diesem Mangel an Sorgfalt zum Theil den Verfall der äußern Verkleidung an den Festungswerken von Lille zu und erklärt die Ursache, wie folgt: Wenn eine Mauer aufgeführt ist, so trocknet das Aeußere schneller, als der Kern; später wirft sich das überschüssige Wasser des innern Mörtels auf die äußere Bekleidung, wo es Brocken von lebendigem Kalk vorfindet, mit denen es sich verbindet, indem es sie löscht und deren Volumen vermehrt. Hierdurch müssen nothwendig Aufblähungen der äußern Fläche und folglich Abschälungen entstehen, deren Entstehung man in ihrer äußern Erscheinung deutlich wieder erkennt.

Bei dem Löschen an der Luft geben die gemeinen fetten Kalke dem Volumen nach von 1,75 bis 2,55 auf 1; die hydraulischen Kalke aber ändern ihr Volumen nur wenig. Vicat bemerkt, daß diese Methode, obgleich in den meisten Lehrbüchern als fehlerhaft verschrieen, nach seinen eigenen Erfahrungen, in vielen Fällen Vorzüge vor den beiden anderen hat, was auch nach ihm Andere bestätigen.

Diese Löschart ist schon seit längerer Zeit in Spanien und einem Theile Italiens bekannt und im Gebrauche und man löscht dort nie anders. Zu Villefranche, bei den ungemein großen Militärbauten, hat man sich nur eines solchen luftzerfallenen Kalks bedient. So auch überzeugte sich v. Fiennes bei den Bauten zu Grävelingen, daß durch dergleichen zerfallenen Kalk (extinction par défaillance) weit bessere Mörtel erzeugt wurden, als durch den eingesumpften.

Das Gedeihen hydraulischer Kalke ist eben so verschieden, wie das der gemeinen Kalke; nachstehende Tabelle giebt Vergleichungen einiger dergleichen. Es gedieh ein Cubikmeter lebendiger Kalk:

Bezeichnung des Kalkes.	Art des Löschens.	Volumen nach dem Löschen.
		Cub. M.
Hydraulischer Kalk von Bourgogne	Einsumpfen	1,55
Derselbe	Eintauchen	1,85
Natürlicher hydraulischer Kalk von den Hügeln bei Chaumont	Einsumpfen	1,50
Derselbe	Eintauchen	1,78
Künstlicher hydraulischer Kalk ebendaher	Einsumpfen	1,59
Derselbe	Eintauchen	1,75
Hydraulischer Kalk von Issy	Einsumpfen	1,62
Natürlicher hydraulischer Kalk von Moulineaux	Einsumpfen	1,47

Dritter Abschnitt.

§. 152. **Zusammensetzung der gewöhnlichen Mörtel.** Nicht die Güte des Kalkes, des Wassers, des Sandes und deren richtige Verhältnisse allein bewirken die Güte eines Mörtels, sondern auch die innige Mischung dieser Materialien bedingt die Eigenschaft eines guten Mörtels. Hat der Mörtel bei'm Durchschneiden mit der Kalkschaufel keine weißen Kalktheilchen, noch kalkige Streifen und ist er durchaus von einerlei Farbe und Dichtheit, so ist er gut bereitet; dagegen Klumpen von nicht zergange-

Digitized by Google

nem Kalk als ein untrügliches Merkmal eines schlechten Mörtels anzusehen sind.

Der Mauermörtel erfordert einen gröbern, der Bewurfsmörtel einen feinern und der Mörtel zu Ziehung der Gesimse und den feinen Putzarbeiten einen noch feiner gesiebten Sand.

Bevor wir aber zu der speciellen Bereitung der Mörtel übergehen, muß noch Einiges über das Verhalten gesagt werden, wenn Kalkarten zu Mörtel verarbeitet unter Wasser gesetzt werden; indem dieses mit andern Mörtelarten vielfach collidirt.

§. 153. Verhalten der Kalkarten, wenn sie in Teig verwandelt, für sich oder mit Sandzuschlag, in Wasser getaucht werden.

1) Der fette Kalk verbindet sich in einer größern Wassermenge schnell mit einem Wassergewicht, das ungefähr = 0,22 seines eigenen ist; nemlich 1 Cubikfuß Kalk mit 34 bis 46 Pfund Wasser; herausgenommen und der Luft ausgesetzt, brauf't er unter Wärmeentbindung auf, indem er sich in ein äußerst feines Pulver verwandelt.

Dieses Kalkhydrat kann noch eine große Menge Wasser absorbiren, ohne weitere Verbindung und Wärmeentwickelung. Der Ueberschuß aber kann, da er ungebunden ist, durch Pressen, Schlagen ꝛc. zum großen Theil wieder entfernt werden, so daß nur ein geringer nöthig wird, um Mörtel zu bereiten.

Der Mörtel erhärtet abgeschlossen von der atmosphärischen Luft und der in ihr enthaltenen Kohlensäure nicht; es findet sonach keine chemische Beziehung des Kalkes mit dem Quarzsande statt, sondern nur eine mechanische.

Bei Zutritt der Luft beginnt der Kalk so lange Kohlensäure zu absorbiren, bis er sich mit ihr ziemlich in das Verhältniß wie in dem natürlichen einfach

Digitized by Google

kohlensauren Kalk gesetzt hat. Dabei entweicht das gebundene Wasser nur zum Theil und es entsteht ein Hydrocarbonat von Kalk, eine Verbindung von kohlensaurem Kalkhydrat.

Nach Vicat absorbiren 100 Theile fetter Kalk bei'm Erhärten 74 Theile Kohlensäure, und 17 Theile Wasser bleiben gebunden.

2) Der hydraulische Kalk, auf die gewöhnliche Art gelöscht, bindet ebenfalls eine gewisse Quantität Wasser und wird bei mehrer Wasserzugabe zu einem mehr oder weniger festen Teig, der an der Luft erhärtet und dabei eine geringere Menge Kohlensäure als der fette Kalk verschluckt, auch eine gewisse Quantität Wasser gebunden hält.

Nach Vicat absorbiren 100 Theile eines hydraulischen Kalks, der $\frac{1}{5}$ Gewichtstheil Thon enthält, während des Erhärtens 54 Theile Kohlensäure und halten 15 Theile Wasser zurück. In diesem aus 100 Kalk, 25 Thon, 67,5 Kohlensäure und 18,7 Wasser bestehenden Hydrocarbonat von Kalk scheint der Thon außerhalb der Verbindung zu stehen.

Obwohl 65 Theile Kieselerde, wenn sie mit Kalk durch Calcination theilweise aufgeschlossen werden, nur 35 Theile Kalk im Wasser unlösbar machen, so genügt es doch, um einen hydraulischen Mörtel zu bekommen, d. h., um ihn in der Teigform unter Wasser, also ohne Zutritt von Kohlensäure, fest zu machen, daß er durch die Calcination mit 0,06 bis 0,07 Theilen Kieselerde verbunden sei; eine Molecular-Anziehung des gebildeten Kalksilicats zu dem freien Kalk kann also allein erklären, wie dieser letztere unlösbar wird.

Nur die Verbindung der Kieselerde mit dem Kalke widersteht dem Angriffe des Wassers; Thonerde und einige andere Oxyde, wie Alkalien, steigern

Digitized by Google

wohl die hydraulische Eigenschaft, können sie allein aber nicht bewirken oder festhalten.

Hydraulische Kalke, die das Maximum an Thon (34 Theile auf 64 Theile Kalk) enthalten, geben nur dann schnell erhärtende Mörtel, wenn in dem Augenblicke des Löschens alle Kalktheilchen gleichzeitig Theil nehmen.

Theile, die später sich löschen, zerfließen nur in der Masse, verbinden sich nicht mit der aufgeschlossenen Kieselerde und verhindern die Cohärenz aller Theile. Man könnte diesem Umstande durch Pulverisiren des Kalks begegnen, wie man bei den Kalkcementen verfährt.

3) Kalkcemente. Bei dem Brennen der Kalksteine, welche Thon im Verhältniß zwischen 34 bis 61 zu 66 bis 39 Kalk enthalten, bildet sich ein mehr oder weniger reichliches Kalksilicat und der Kalk, der frei bleibt, kann nicht mehr sich löschen, so daß das Wasser wirkungslos auf die ganze Masse des Kalkes bleibt, wenn er aus dem Ofen kommt. Wird er aber in Pulver verwandelt und mit einer genügenden Menge Wasser zu einem mehr oder weniger dicken Teig gemacht, so entsteht eine unregelmäßige Krystallisation, und der Teig erhärtet unter Wasser um so schneller, je reicher er an Silicat ist, jedoch bis zu einer Grenze, über welche hinaus es der gegenseitigen Thätigkeit Molecüle schaden kann.

Je frischer aus dem Ofen, desto schneller die Erhärtung, oft so schnell, daß zur Verwendung keine Zeit bleibt.

4) Die hydraulischen Cemente aus 60 bis 90 Thon auf 39 bis 10 Kalk, haben nach dem Brennen das Kalksilicat in solchem überwiegenden Verhältniß, daß der wenige freie Kalk einen Teig nicht bilden kann. Das Wasser ist wirkungslos auf das gepülverte Cement und nur der Zusatz von fet-

Digitized by Google

tem Kalke vermag einen hydraulischen Mörtel zu bedingen.

Das Silicat findet sich, je nach den Kalkverhältnissen, in denselben Zuständen, wie in einem mehr oder weniger hydraulischen Kalke oder in dem Kalkcemente.

5) Cemente von gebrannter Ziegelwaare. Die Ziegel, welche gewöhnlich weniger als $\frac{1}{10}$ Kalk enthalten, stehen den übrigen Cementen noch mehr als die Puzzolane nach; doch ist der Kalk, den sie enthalten, mit Kieselerde verbunden, daher der fette Kalk, mit pulverisirten Ziegeln (wenn sie nicht zu scharf gebrannt sind) vermengt, einen Mörtel (den sogenannten rothen Mörtel) giebt, der einen leichten Grad von hydraulischen Eigenschaften besitzt.

Diese geringe hydraulische Wirkung, das Kostspielige des Pulverisirens der Ziegeln, macht stets eine künstliche oder natürliche Puzzolane anstatt des Ziegelpulvers annehmlicher, wenn sie leicht zu beschaffen ist.

Wenn die bindende Kraft des Thons mit Kalk nach einem ersten Brande mit 1 bezeichnet wird, so ist sie nach einem zweiten Brande = 0,30 und halb verglas't = 0,19. Es ist daher ein Irrthum, daß der am härtesten gebrannte Thon der beste zur Mörtelbereitung sei.

6) Grober Mörtel von Kalk und Sand. Der grobe Mörtel für Grundbaue und alle Arten Bruchsteinmauern besteht aus 2 Theilen Sand und 1 Theil gut gelöschten und in den Zustand eines dicken Breies versetzten Kalks, ohne Biscuits und Brocken.

Dieser Mörtel muß mit sehr wenig Wasser durch Handarbeiter mittelst einer breiten eisernen Krücke auf einer festgeschlagenen und abgerichteten Tenne durchgearbeitet werden, bis der Sand in dem Kalke

Digitized by Google

nicht mehr sichtbar ist, d. i., bis jedes Sandkörnchen von dem Kalke innig umhüllt ist.

Man verwendet ihn baldmöglichst nach der Bereitung; wo nicht, muß man ihn derb schlagen, um dessen Erhärtung zu verhindern, jedoch ohne Wasser zuzuschütten.

7) Feiner Mörtel zu behauenen Steinen von Kalk und Sand. Der feine Mörtel zum Versetzen wird aus 3 Theilen scharfen Sandes, der sehr fein, trocken und rein sein, und nöthigenfalls durch ein feines Sieb getrieben werden muß, und 2 Theilen gut eingelöschten Kalks bereitet. Dieser Mörtel muß noch sorgfältiger durchgearbeitet werden als der vorige. Man verwendet ihn bei'm Versetzen der Werkstücke, bei Bekleidungen und Mauern von gebrannten Steinen, zum Ausstechen der Fugen und Berapp.

8) Feiner Mörtel. Dieser besteht aus 2 Theilen sehr feinen Sandes und 1 Theil lebendigen (oder zwei Theilen gut gelöschten) Kalks zu dickem Brei angemacht. Er bedarf derselben Sorgfalt bei der Bearbeitung, wie der vorige.

Man braucht ihn zur Aufführung der Essen und Camine im Innern und zu den Scheidemauern und Fachwänden von gebrannten Steinen.

Jedoch kann man dergleichen Mauerungen oft mit einem Mörtel herstellen, der weniger Kalk enthält, ja selbst mit gutem Lehm, der wenig schwindet, oder mit Gyps.

9) Bastardmörtel. Man mischt ihn mit gleichen Theilen ordinären Mörtel und pulverisirten Gyps mit dem erforderlichen Wasser.

Er darf nur angefertigt werden, so wie er nach und nach verbraucht wird.

Dieser Mörtel ist nur in manchen Gegenden üblich; zu Arbeiten, die den Einwirkungen der At-

mosphäre ausgesetzt sind, ist er verwerflich. Eben so untauglich ist der Gypsmörtel in solcher Beziehung. Dieser verliert an der Luft allmälich seine Härte, blättert sich ab und zerkrümelt sich bei anhaltender Feuchtigkeit.

§. 154. Zusammensetzung von besondern Mörteln.

1) Ein Cubikfuß gelöschter Kalk erfordert durchschnittlich 2 bis 3 Cubikfuß scharfen Sand. Ist der Kalk fett, so kann wohl öfters vier Mal soviel, und noch mehr Sand, als der Kalk Volumen hat, nöthig werden. Findet man also, daß 3 Volumen Sand auf 1 Volumen Kalk einen zu fetten Mörtel geben, so setze man nach und nach so viel Sand zu, bis der Mörtel die verlangte Eigenschaft erhält.

2) Wenn man dem gewöhnlichen Kalkmörtel noch $\frac{1}{3}$ frischen, ungelöschten und pulverisirten Kalkstein zusetzt, so giebt dieses einen schnell erhärtenden, daher sofort zu verbrauchenden Mörtel.

3) Zum Hintermauern der Quadern bei massiven Schleußen, Brückenpfeilern ꝛc. erhält man einen guten Mörtel aus $\frac{1}{3}$ gelöschtem, $\frac{1}{3}$ ungelöschtem und $\frac{1}{3}$ gestoßenem Kalkstein, oder Mehl von hartgebrannten Ziegeln.

4) 2 Theile Kalk, 3 Theile gemischter Sand mit einer gehörigen Menge aufgelockerter und gebrühter Kuhhaare und weichem Flußwasser angemacht, giebt einen guten Mörtel zum Verstreichen der Ziegeldächer.

5) Einen vorzüglichen Mörtel fertigt man auf folgende Weise:

Man bereitet in einem hinlänglich großen Gefäß eine Kalkmilch, mischt 2 Theile gebrannten Kalk, 2 Theile grobes Ziegelmehl und 3 Theile Sand recht trocken, bis die Farbe durch das Gemenge vollkom-

Digitized by Google

men gleichartig ist; hierauf benetzt man es mit der Kalkmilch und arbeitet Alles so lange durch, bis es die Steifigkeit des Mörtels angenommen hat.

5) Mörtel mit kohlensaurem Sand, anstatt Quarzsand.

In Ungarn, in der Gomörer Gespanschaft, erhebt sich über das Muranyer Alpengebirge eine Kalksteinkuppe aus der Uebergangsperiode der Gebirgsbildung, auf welcher eine alte Ruine seit Jahrhunderten der Verheerung widersteht. Dieses Gebäude ist aus Uebergangskalkstein aufgeführt, und als Mörtel diente ein Gemenge aus Kalksand (ungebranntem, zu kleinen Körnern zerstoßenen Kalk) und gebranntem, gelöschtem Kalk. Dieser Mörtel ist außerordentlich fest und dauerhaft, so daß er durch die lange Einwirkung der Zeit und Witterung ohne alle Bedeckung nichts von seiner Steinhärte verliert.

6) Auch in den Neckargegenden und dem Odenwalde bedient man sich schon seit langer Zeit eines ähnlichen Mörtels bei'm Bauen. Es wird an den Orten, wo Mangel an Sand ist, der Chausseestaub, welcher ziemlich reiner kohlensaurer Kalk ist, sorgfältig gesammelt, mit gelöschtem Kalk zu Mörtel angerührt und auf die gewöhnliche Weise benutzt. Man zieht diesen Zuschlag dem Sand bei'm Bauen wegen seiner Dauerhaftigkeit bei weitem vor; nur möchte die Beimengung erdiger und animalischer Theile die Empfehlung und Nachahmung nicht verdienen, wo nicht die Noth dazu treibt.

Fünftes Capitel.

Von den hydraulischen Mörteln.

Erster Abschnitt.

§. 155. Der Kalk bindet während des Löschens eine gewisse Quantität Wasser und nimmt, der Luft ausgesetzt, Kohlensäure auf, und zwar der fette Kalk mehr, als der magere (hydraulische) Kalk.

Nach Vicat hat man:

Für 100 Theile fetten Kalks:

74 Theile absorbirte Kohlensäure,
17 „ gebundenes Wasser.

Und für 100 Theile hydraulischen Kalks, welcher $\frac{1}{5}$ seines Gewichts Thon enthält:

54 Theile Kohlensäure,
15 „ gebundenes Wasser.

Es ergiebt sich daraus für letztern:

100 Theile reinen Kalk,
25 „ Thon,
$67\frac{1}{2}$ „ Kohlensäure,
$18\frac{7}{10}$ „ Wasser.

Die neutralisirte auflösende Wirkung des Wassers auf den hydraulischen Mörtel beruht auf einer Ursache, die es im hohen Grade verdient, daß man ihr alle Aufmerksamkeit zuwendet und sie näher zergliedert.

Wenn man hydraulischen Mörtel auf den Boden eines mit Wasser gefüllten Behälters legt, so treten zwei verschiedene Wirkungen gegeneinander: die des kieselsauren Kalks auf das Kalkhydrat, nach

Digitized by Google

welcher sich um jedes Theilchen des erstern, gleichsam krystallisirend, das letztere ansammelt; dann die auflösende Wirkung des Wassers auf das Hydrat.

Bei ruhigem Wasser wird dieses sich bald sättigen und dadurch die auflösende Wirkung aufhören; bei bewegtem Wasser tritt immer eine neue Wasserschicht an den Kalk und setzt die Auflösung fort. Es kann dadurch geschehen, daß die äußeren Schichten des Mörtels gänzlich, oder zum Theil nach und nach des größten Theiles ihres Kalkhydrats beraubt werden. Da diese Wirkung aber keine plötzliche ist, so sind die innern Schichten des Mörtels lange genug gegen dieselbe geschützt, damit ihre Erhärtung — Einfluß des kieselsauren Kalks — das Uebergewicht über die auflösende Kraft des Wassers habe; und zwar bevor der Proceß der Auflösung zu ihnen gelangen konnte.

Es kommt daher die Stärke und Schnelligkeit der erhärtenden Kraft und die Consistenz des Mörtels vor Allem in Rechnung und ist erste Bedingung eines Wassermörtels.

Nichts ist schädlicher bei Mörteln, vorzüglich aber bei Wassermörteln, als die jähe Austrocknung. Es darf deßwegen das Anfeuchten der Steinflächen, welche gespeiset werden sollen, nicht vernachläßigt werden, weil außerdem der Stein auffaugend wirkt, dem Mörtel die Feuchtigkeit entzieht, die zur Krystallbildung erforderlich ist, dadurch Risse und leere Räume, kurz Lockerheit und Zerreiblichkeit entstehen müssen.

§. 156. Hydraulischer Mörtel von Kalk und Sand. Diesen Mörtel mischt man gewöhnlich aus 3 Theilen feinen Sandes und 2 Theilen hydraulischen Kalkes, als Brei gemessen, welcher nach der gewöhnlichen Art eingelöscht ist. Er muß sehr sorgfältig durchgearbeitet, und nicht mehr angemacht

Digitized by Google

werden, als man zu dem augenblicklichen Gebrauche bedarf.

Alles, was sich auf die Zusammensetzung gewöhnlicher Mörtel bezieht, gilt auch für den aus hydraulischem Kalk und Sand zu bereitenden Wassermörtel, und die Erfahrung muß über das beste Verhältniß den localen Umständen gemäß entscheiden. Es ist jedoch zu bemerken, daß der feine und gemischte Sand die besten Sandsorten für diese Art Mörtel sind; und daß das gewöhnliche Löschen, durch Einsumpfen, den übrigen Löscharten vorzuziehen ist. Am Canal St. Martin wurde der hydraulische Mörtel aus einem Theil hydraulischen Kalks aus der Fabrik des Saint-Léger zu Teig gelöscht und mit 3 Theilen gemischten Sandes bereitet.

Wenn der hydraulische Kalkmörtel anhaltenden atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt ist, so verlangt Vicat die Größe der Sandkörner zwischen 15 und 7 Millimeter, und daß der hydraulische Kalk in gleichem Volumverhältniß mit dem Sande sei. Das beste Verhältniß ist 1,60 Sand auf 1,00 Kalk in fester Teigconsistenz.

Wenn unter gleichen Umständen der Kalk im Mittel $1\frac{1}{5}$ gibt, so bleibt die Kalkmenge dieselbe, die Quantität des Sandes muß aber 1,80 sein; ja man kann sie bis zu 2,00 steigern, wenn der Kalk gelöscht $1\frac{1}{2}$ auf 1 giebt.

Es kommt wenig darauf an, ob es vollkommener Quarz-, Kalk- oder gemischter Sand ist, das Wesentlichste dabei ist seine Reinheit, d. i., daß er nicht schlammig sei, aber auch nicht aus Steinpartikeln bestehe, die das Wasser schnell absorbiren. Die Grundmörtel, die unter eine stets frische Erde, welche daher immer im feuchten Zustande ist, zu liegen kommen, können in verschiedenen Verhältnissen zusammengesetzt werden, von 1,00 bis 2,40 Sand auf 1,00

Digitized by Google

eingesumpften Kalk, ohne daß ein Unterschied an Solidität wahrgenommen werden könnte. Die Ersparung verlangt, daß man sich möglichst nah an 2,40 halte und diese Grenze besonders dann einzuhalten wenn der Mörtel mit Steinschlag in Kastenmauerung geworfen und gestämpft wird. Bei gewöhnlicher Mauerung aber muß die Mischung consistenter sein und auf der Kelle haften. Diese Bedingung mit der wenigsten Kalkzuthat erfüllt, führt auf das schicklichste Verhältniß.

Wenn man Mörtel braucht, die in tiefes Wasser zu stehen kommen, wo es sonach wichtig ist, durch mühsame Bereitung eine so haltbare und bindende Mischung als möglich zu erhalten, kann man füglich nur 1,5 Sand auf 1,00 eingesumpften Kalk rechnen.

In dem einzigen Falle ist es gestattet, den Mörtel von hydraulischem Kalk in gewöhnlicher Consistenz anzumachen, wenn er zu Fundamenten verwendet wird, die dem Wasserzutritt nicht ausgesetzt sind; unter allen anderen Umständen wird er immer $\frac{4}{10}$ seines höchsten Widerstandes einbüßen, den er bei stärkerer Consistenz erlangt haben würde.

Dem gelöschten und den andern Tag nach dem Löschen verwendeten Kalk muß seine Geschmeidigkeit ohne Zusatz von Wasser, durch einen Stößel oder mittelst der Maschine von St. Léger wiedergegeben werden; durch Handarbeit mit der bloßen Krücke ist er dann nicht mehr bearbeitungsfähig.

Schlägt man ihn aber durch eiserne, platte, an einem Stiel befestigte Schlägel, oder quetscht ihn unter den Rädern der Maschine, so wird alsbald das Wasser austreten, welches, so zu sagen, latent geworden, und der Kalk wird in einen Teig verwandelt werden, der weich genug zur Aufnahme des San-

Digitized by Google

des ist, wenn man diesen durch den Stößel oder die Maschine damit vermengt.

Dieses Vermischen muß bei eintretender nasser Witterung unter Dach vorgenommen werden. Man bringt nur etwa die Hälfte des Kalkteiges auf und setzt, zur Ausgleichung, durch Eintauchen gewonnenes Kalkpulver zu, um das Wasser von dem Annässen des Sandes zu absorbiren. Bei trockener und heißer Luft ist es zuweilen nicht zu umgehen, Wasser nachzugeben; dies darf jedoch nur sehr allmählig und mit größtem Rückhalt geschehen; am Besten ist dazu Kalkwasser. Außer dem oben angeführten Fall muß die Consistenz des Mörtels — und dies ist streng zu nehmen — so stark sein, daß eine Kugel von 7 bis 8 Centimeter (2½ bis 3 Zoll) Durchmesser, auf eine ebene Fläche gelegt, auf derselben liegen bleibt, ohne sich an der Berührungsstelle um mehr als 4 bis 5 Millimeter platt zu drücken.

Man könnte glauben, es sei indifferent, ob man den Kalk steif oder weich anmache und den festern dann zur hydraulischen Mörtelbereitung stoße, oder ihn erst in Gebrauch nehme, wenn der Kalk durch Verdunstung auf die erforderliche Consistenz gebracht ist: dies ist indeß ein großer Irrthum und es muß der hydraulische Kalk und Mörtel gleich Anfangs steif angemacht werden.

Zusätze von thierischen Stoffen, wie Rindsblut u. dgl., können nie bewirken, daß ein Mörtel hydraulische Eigenschaften erhalte. Der Kalk verbindet sich mit ihnen zu einer Seife, die nicht allein das Erhärten des Mörtels verhindert, sondern auch dem Auslaugen unterworfen ist.

§. 157. Mörtel von Cement (oder künstlicher Puzzolane). Wenn der Kalk ein gemeiner, mittelhydraulischer oder sehr fetter ist, so setzt man diesen Mörtel aus 2 Theilen Cement vom ersten Brande,

Digitized by Google

in Pulver und 1 Theil Pulverkalk, der durch Eintauchen gelöscht, zusammen. Nachdem der Kalk in Brei verwandelt worden, wird er mit dem Cement ohne Wasserzuthat in einem kleinen viereckigen Behälter, dessen Boden mit gefugten eichenen Bohlen gedielt oder mit gut zusammengeriebenen Steinplatten gepflastert ist, gemischt und zusammengearbeitet. Dazu werden zwei Mann angestellt; der eine mit einem Stößel von hartem Holz, oder am untern Ende mit Eisen beschlagen, der andere mit einer eisernen langgestielten Rührstange; diese mengen, schlagen und stoßen die Mischung, bis sie zu einem gleichförmigen Teig geworden ist, der milde, sehr weich ist und den Fingern keinen Widerstand leistet. Da die Erweichung ansehnlich zu der Kraft des Widerstandes von dem Cementmörtel beiträgt, so fährt man mit diesem Durcharbeiten bis zu dem Augenblicke des Verbrauchs fort.

In mittäglichen Gegenden bedingt die große Wärme immer, nur den Mörtel von Cement nach dem Fortschritt der Arbeit zu bearbeiten und ihn sofort zu verbrauchen. Dieselbe Vorsicht ist noch genauer anzuwenden, wenn man ihn von hydraulischem Kalk bereitet.

Das schicklichste Verhältniß ist zwar angegeben, jedoch muß man es meistentheils nach der örtlichen Beschaffenheit des Kalks und des Cements abändern und das beste durch Proben suchen.

Diese Versuche sind um so unerläßlicher, als die Erfahrung gezeigt hat, daß der Einfluß der Proportionen schon zwischen ziemlich engen Grenzen den Widerstand der hydraulischen Mörtel, je nach der Natur des Kalks, wohl um das Zehnfache verändern kann.

Im Allgemeinen läßt sich annehmen, daß die fetten Kalke mit den kräftigsten Puzzolanen verbunden

werden müssen, und umgekehrt: so daß die erhärtende Kraft des Cements wächst, wenn die hydraulische Eigenschaft des Kalks abnimmt.

§. 158. Cement zum Versetzen der Werksteine. Der in den Ortschaften von Calvados und De-la-Manche hierzu gebräuchliche Mörtel wird aus 2 Theilen von Ziegel- oder Glaspulver und 1 Theil Glas- oder Schmiedeschlacken bereitet, welche gestoßen und zerrieben, dann durch ein Sieb von Blech getrieben werden, dessen Löcher 3 Millimeter ($1\frac{1}{2}$ Linie) weit sind, nebst 2 Theilen flüssigen Kalks. Man behandelt ihn ganz wie den Mörtel von Cement (oder künstlicher Puzzolane).

§. 159. Grober Cement. Auch dieser ist in mehreren Gegenden in Gebrauch, und wird bei groben Mauerwerken im Wasser und zu Hintermaurung der Werkstücken angewandt. Er wird auf dieselbe Weise und mit denselben Bestandtheilen wie der vorige bereitet, nur daß die zerkleinten Ingredienzen durch Siebe von 7 Millimeter (3 Linien) Weite geschlagen werden.

§. 160. Der Mörtel von Kalkasche (coudrée) besteht aus 3 Theilen lebendigem Kalk und 2 Theilen guter reiner Cendrée aus Kalköfen, die von Kohlenstücken gereinigt und gesiebt werden. Der Kalk wird entweder auf gewöhnliche Weise gelöscht oder durch Eintauchen in Pulver gebracht*). Die Mischung geschieht im ersten Falle ohne Wasserzuthat in einem Bassin, wo man sie in mehrern Sätzen und mehrere Tage hindurch mit einer Handramme stößt, die beschlagen 15 bis 17 Kilogr. schwer ist, bis sie zu einem gut fetten und sehr feinen Teig geworden ist.

*) Man muß versuchen, welche Art den besten Mörtel gibt.

Wenn dieser Mörtel nicht sofort verbraucht wird, muß man ihn, damit er an Güte nicht verliere, gegen die Einflüsse der Luft und der Sonne beschützen, entweder durch Strohmatten oder durch Bedachung.

Will man ihn dann in Gebrauch nehmen, so wird er wieder gestoßen, ohne Wasser zuzugießen.

Der von Cendrée bereitete Mörtel ist in dem Departement du Nord und Pas-de-Calais üblich. Er verdient den Vorzug vor den gewöhnlichen in Bezug des Widerstandes gegen atmosphärische Angriffe, selbst vor dem Mörtel aus Puzzolane, der dagegen vorzuziehen ist bei Bauten, die immer unter Wasser stehen.

Für Anlagen, welche abwechselnd trocken und feucht liegen, ist aber den Mörtel aus Cendrée besser, nur muß man ihm Zeit lassen, gut auszutrocknen, bevor er in Berührung mit dem Wasser gebracht wird.

§. 161. Mörtel von Steinkohlenasche. Zu diesem Mörtel nimmt man 5 Theile Kalkbrei (durch Eintauchen gelöscht) und 3 Theile reiner Steinkohlenasche, die von Kohlen gereinigt und gesiebt worden. Die Bereitung gleicht in Allem der des Mörtels von Cendrée.

Der Mörtel von Steinkohlenasche ist nicht besonders zur Anwendung unter Wasser; vorzüglich dagegen bei Arbeiten im Trocknen, und zu denen das Wasser vor dem Erhärten keinen Zutritt haben kann.

§. 162. Mörtel mit Holzasche. Man nimmt dazu 2 Theile lebendigen Kalk und 3 Theile Asche. Bei der Bereitung höhlt man in der Erde ein großes Loch aus, wohinein man die Holzasche und in deren Mitte den Kalk schüttet, den man durch Annässen zur Stelle löscht und mit der Asche gut mischt. Nach dem Erkalten schlägt man ihn in zwei bis drei Absätzen, bevor er verwendet werden kann.

Digitized by Google

Dieser Mörtel, wozu Smeaton die Vorschrift gegeben, ist gut zu Arbeiten, die dem Wechsel von Trockniß und Nässe ausgesetzt sind.

§. 163. Mörtel von Hammerschlag und Cement. Dieser Mörtel wird aus 8 Theilen durch Eintauchen gelöschten Kalks (als Pulver gemessen), 3 Theilen Cement und 3 Theilen Hammerschlag, der fein gepülvert worden, zusammengesetzt. Dessen Bereitung erfordert dieselbe Sorgfalt wie der Mörtel von Cendrée.

§. 164. Mörtel mit Traß. Zu diesem Mörtel nimmt man 2 Theile des besten gemeinen Kalks, durch Eintauchen zu Pulver gelöscht und 1 Theil Traß. Er muß mit viel Sorgfalt in einer soliden Schlag- (Walk-) Maschine und mit möglichst wenigem Wasser geschlagen und gerieben werden, bis er einen völlig gleichartigen Teig abgibt. Soll derselbe als Luftkalk benutzt werden, so verbraucht man ihn sofort; als Wassermörtel dagegen setzt man ihn eine kurze Zeit der Luft aus, bevor man ihn verarbeitet. Der Traßmörtel ist namentlich gegen Holland und am Rhein hin gebräuchlich und wird vorzugsweise zu Wasserbauten genommen, wo er eine große Härte erlangt. Dieser Mörtel bildet schon an sich unter Wasser, wie der Puzzolanmörtel, eine Art Béton, wenn man ihn in obigem Verhältniß zusammensetzt; es scheint sogar, daß man die Quantität des Traß vermindern könne, ohne daß der Mörtel geringer wird; vorausgesetzt, daß man die Mischung noch mehr und mit besonderer Sorgfalt schlägt. Man hat dann bloß zu überlegen, ob die Mehrkosten des Schlagens den Preis des ersparten Traß nicht übersteigen.

§. 165. Mörtel von vulcanischer Puzzolane. Man nehme 2 Theile durch Eintauchen gelöschten Kalk, in Pulver gemessen, und 3 Theile

Digitized by Google

Puzzolane. Der Mörtel bedarf mit dem Traßmörtel gleiche Bearbeitung und hat gleiche Anwendung. Dieser vorzügliche Wassermörtel wird besonders in den mittäglichen Gegenden gebraucht, wo die Herbeischaffung der Puzzolane minder kostspielig ist.

§. 166. Metallsand-Cement. Man hat in London einen Cement durch langjährige Versuche erprobt, der aus blauem Liaskalk und einem Zuschlag aus Kupferschlacke, die fein gepülvert worden, besteht.

Die Schlacke enthält viel Eisenoxyd, dann Kieselerde, Zinkoxyd und Arsenik. Er wird der Puzzolane gleichgestellt.

Zweiter Abschnitt.

Hydraulische Mörtel von gemeinem Kalk und künstlicher Puzzolane, oder Aehnlichem.

§. 167. Wenn hydraulischer Mörtel aus gemeinem oder leicht hydraulischem Kalk und künstlicher Puzzolane gefertigt werden soll, so muß auf dessen Bereitung die gleiche Sorgfalt, wie auf die mit natürlicher Puzzolane und Traß verwendet werden. Man benutzt dabei folgende Zusammensetzungsverhältnisse:

1) Mörtel von blauem calcinirten Schiefer. Man nimmt 2 Theile durch Eintauchen zerfallenen Kalk und 3 Theile pulverisirten gebrannten Schiefer.

2) Mörtel von calcinirtem Basalt. Zwei Theile des genannten Kalks, 3 Theile calcinirten Basalts in Pulver.

Digitized by Google

3) Mörtel von eisenschüssigem, calcinirtem Sandstein. Drei Theile des obigen Kalks und 4 Theile eisenschüssigen Sandsteins in erster Stufe des Brandes.

4) Mörtel von gebrannter Dkererde. Zwei Theile durch Eintauchen zerfallener Kalk, als Pulver gemessen; 3 Theile gebrannte und gepülverte Dkererde.

Bei den bisher genannten hydraulischen Mörteln, ist nicht allemal vorausgesetzt, daß der Kalk ein gemeiner oder wenigstens schwach hydraulischer sei; auch ist bei Aufstellung derselben eine Folge hinsichtlich ihrer Güte nicht beobachtet worden. Der Vorzug, den der eine oder andere Cement beanspruchen kann, hängt zu sehr von der Eigenschaft des Kalkzuschlags, wie von der des Cements ab; daher stets darauf hingewiesen werden muß, sich vor dem Verbrauch durch Versuche zu überzeugen.

Die von Vicat aufgestellten Grundsätze, die er aus zahlreichen Erfahrungen abgeleitet hat, sind bereits §. 153 mitgetheilt. Smeaton spricht sich über einen speciellen Fall, wie folgt, aus:

Derselbe betrachtet die Beimischung von Sand zu den Mörteln von Puzzolanen und hydraulischen Kalken von Aberthaw als vortheilhaft, indem er das Gemisch härter mache und kostenersparend sei, weil er das Volumen des Mörtels durch einen Beisatz vermehre, der weniger koste, als Kalk oder Puzzolane. Dasselbe bestätigt Treussart, indem er sagt, daß die mit hydraulischem Kalk, Sand und Traß bereiteten Mörtel, denen vorzuziehen seien, worin nur Kalk mit Traß gemischt ist, und daß, jemehr man den Antheil an Traß im Mörtel von hydraulischem Kalk vermehre, desto geringer der Mörtel werde; daß aber das Gegentheil eintrete, wenn man gemeine Kalke dazu nimmt. Als Unterstützung dieser Mei-

Digitized by Google

nung ist die Composition des Mörtels aus hydraulischem Kalk, Cement von gebranntem Thon und Sand, dessen Verhältnisse St. Léger nach vielen Versuchen bestimmt hat (man sehe weiter unten), anzusehen.

Wenn diesen Grundsätzen durch einzelne Thatsachen widersprochen wird, so ist der Grund in den unpassenden Mischungsverhältnissen zu suchen; denn der Ueberschuß von Kalk in den hydraulischen Stoffen verzögert immer die Bildung, und die Verhältnisse, wodurch diese beschleunigt wird, geben auch stets die festesten Mörtel. Da dieser Punct einer der wesentlichsten ist, so möge hier angeführt werden, was Vicat in Beziehung auf dessen Untersuchungen sagt, ohne jedoch dessen Ausspruch als unfehlbar anzunehmen:

„Man bilde Ballen von Béton, der mehr fett als mager ist, von ungefähr 2 Centimeter Durchmesser; lege sie ein Jahr lang unter oft zu erneuendes Wasser. Nach diesem Verlauf untersuche man, wie viel Kalk ausgelaugt ist, ziehe diesen von dem anfänglichen der Mischung ab: so wird die Differenz in Bezug auf den Beisatz von Puzzolane das schickliche Verhältniß geben."

Wir fügen hier noch die Vorschrift Vicat's bei, daß die hydraulischen Mörtel und Bétons, um unter Wasser schnell zu binden, so dick als möglich eingemengt werden müssen, ohne daß sie jedoch ihre Geschmeidigkeit verlieren dürfen. Ein zu weicher Teig bindet langsam und bleibt immer unkräftig; ein zu fester Teig spaltet sich und bröckelt aus, was noch schlimmer ist. Man muß sich auch hüten, die Bétons an der Luft eine halbe Festigkeit annehmen zu lassen, bevor man sie unter Wasser setzt; lieber verwende man sie ein wenig weich.

Digitized by Google

Dritter Abschnitt.

Verhältnisse in den Mischungen der hydraulischen Kalke zu Mörtel.

§. 168. Wenn der Kalk, welcher zu der Zusammensetzung eines Cementmörtels genommen werden soll, hydraulisch ist, so wird die Güte des Mörtels durch Zusatz von Sand in nachstehenden Verhältnissen gesteigert. In Betreff der Zubereitung und der Vorsichtsmaßregeln hat man sich nach den Vorschriften der vorigen §§. zu Bereitung hydraulischer Mörtel mit gemeinem Kalke zu richten.

1) Mörtel von hydraulischem Kalk, Cement und Sand. Sieben Theile Kalk, als Teig gemessen; 4 Theile gepülverten Cement; 4 Theile Sand.

2) Mörtel von hydraulischem Kalk, Cement von gebranntem Thon und Sand. Ein Theil lebendiger Kalk in Pulverform; 1 Theil Thoncement; 1 Theil feiner Flußsand; 2 Theile Wasser.

Der Mörtel von hydraulischem Kalk, Cement (von gebranntem Thon und Sand aus der Fabrik von St. Léger), bindet so schnell, daß man genöthigt ist, die Stoffe in einer Gelte, wie den Gyps, und in kleiner Menge, in dem Augenblick, wo er verbraucht werden soll, anzumachen, wenn man sich seiner zum Ausschlagen von Cisternen, zu Bedeckungen ꝛc. bedienen will. Man breitet ihn in einer einzigen Lage aus und reibt ihn 4 oder 5 Stunden nachher. Es sind mit diesem Mörtel verschiedene Versuche in großen Bassins, bei anhaltender Arbeit von 24 Stunden gemacht worden, und sie sind vollkommen wasserdicht gewesen, ohne Spuren von Rissen zu zeigen.

3) Mörtel von hydraulischem Kalk, Cendrée und Sand. 3 Theile Kalk als Teig gemessen, 2 Theile Cendrée und 1 Theil Sand.

Digitized by Google

4) Mörtel von hydraulischem Kalk, Steinkohlenasche und Sand. 3 Theile Kalk in Teigform gemessen, 2 Theile Asche und 1 Theil Sand.

5) Mörtel von hydraulischem Kalk, Traß und Sand. 4 Theile hydraulischen Kalk, lebendig gemessen und zu Teig angemacht, 5 Theile Traß und 5 Theile Sand.

6) Mörtel von hydraulischem Kalk, Puzzolane und Sand. 2 Theile hydraulischen, durch Eintauchen gelöschten Kalks, als Pulver gemessen; 1 Theil vulcanische Puzzolane und 1 Theil Sand.

7) Mörtel von hydraulischem Kalk, künstlicher Puzzolane und Sand. 8 Theile hydraulischen Kalk, durch Eintauchen gelöscht und als Pulver gemessen, 3 Theile pulverisirten gebrannten Schiefer, Basalt, eisenschüssigen Sand oder Ockererde, 3 Theile Sand.

8) Mörtel aus Puzzolane, Kalk, Sand ꝛc. zu großen Wasserbauten. Man breitet frisch gebrannten Kalk, so viel man ohne Unterbrechung zu verarbeiten gedenkt, in runder Fläche aus und umgiebt ihn mit einem kreisförmigen Bord von Puzzolane, zur Fassung des Löschwassers.

Auf den Kalk gießt man sehr allmählig soviel Wasser, daß er sich zu Pulver löscht, worauf man ihn durch Aufgabe von mehrem Wasser in breiartige Consistenz verwandelt. Jetzt muß die Puzzolane damit vermengt werden, wobei einige Arbeiter, einmal um's andere, Puzzolane und groben Sand auf den Haufen werfen, während die übrigen die Masse sorgfältig durcharbeiten.

Digitized by Google

Hierauf wird der Mörtel zum zweitenmale durcharbeitet und die kleingeschlagenen Steinstücke dazu gethan, nöthigenfalls auch etwas Wasser zugegossen.

Aus der Masse mache man einen Haufen und lasse ihn 6 Stunden stehen, nach deren Verlauf man diesen grobkörnigen Cement sofort verbrauchen muß.

Tabelle.

von der Zusammensetzung eines Cub. Meters einiger Mörtel.

Arten des Kalks.	Volumen in Cub. Meter. des Kalks durch Einsumpfen gelöscht.	des Sands aus Flüssen.	der Puzzolane.	Bemerkungen.
1) Fetter, nicht hydraul. Kalk	0,370	0,950	—	Umfassungs-, Grundmauern.
2) Dergleichen, ein wenig hydraulisch	0,340	—	0,820	(Ziegelcement) zu Pflasterungen im Freien.
3) Dergleichen, desgl.	0,250	0,940	0,200	Reservoirs.
4) Sehr kräftiger hydraulischer Kalk	0,360	1,000	0,040	Wasserbaue.
5) Gewöhnlich guter hydraulischer Kalk.	0,333	1,020	—	Zu Wasserleitungen, Abzuchten in Paris; zu hydraulischen Bauten.

Arten des Kalks.	Volumen in Cub. Meter. des Kalkes durch Einsumpfen gelöscht.	des Sands aus Flüssen.	der Puzzolane.	Bemerkungen.
6) Derselbe	0,370	0,950	—	Zu Schleußen, Schälungsmauern und Brücken.
7) Derselbe	0,380	1,020 Grubensand.	—	Mauerwerk an dem Gerichtshofzu Charenton.
8) Derselbe	0,440 d. Eintauchen.	1,000	—	Zum Verapp desselben.
9) Derselbe, sehr mager*)	0,100	1,000	—	Die 0,1 Met. Kalk sind auf 0,340 Met. zu Kalkmilch gebracht.

*) Dieser Mörtel ist mit Erfolg auf eine Stärke von 0,30 bis 0,40 Met. in einem Fundament angewendet worden, wo der Boden unsicher war. Das Wasserreservoir in der Straße Amandiers ruht auf einer Lage von 0,50 Met. Dicke dieses Mörtels, der zuletzt sehr viel Consistenz annimmt.

Digitized by Google

Vierter Abschnitt.

Mörtel von verschiedener Zusammensetzung.

§. 169. 1) Mörtel nach Fleuret. Dieser Mörtel besteht aus 2 Theilen Cement vom ersten Brande in Pulver; 4 Theilen feinem Sand und 3 Theilen frisch eingetauchtem Kalk, der im Begriff zu zerfallen ist. Um diesen Mörtel zu bereiten, bedeckt man den Kalk mit einem innigen Gemenge von Sand und Cement und läßt ihn vollends zu Staub zerfallen; hierauf durcharbeitet man die Masse trocken und fügt nur allmählig so viel Wasser hinzu, um ihr ziemlich denjenigen Grad von Feuchtigkeit mitzutheilen, den die Erde in einer Tiefe von 1 Meter hat. In diesem Zustande wird die Masse in einen kleinen Behälter geworfen, wo man sie mit einer Stampfe stößt, bis sie die zur Verwendung nöthige Fettigkeit hat, was sich am Anhängen an die Stampfe erkennen läßt.

Der Mörtel Fleuret ist desto besser, je hydraulischer der Kalk war; man kann ihn zu Estrichen anwenden, die damit sehr hart werden; man formt damit auch Wasserreservoirs und selbst Rinnen zu Wasserleitungen.

Die Festigkeit noch zu vermehren, läßt sich $\frac{1}{20}$ Hammerschlag in klarem Pulver beimischen.

2) Mörtel von Sand nach Loriot. Der Loriot'sche Sandmörtel besteht aus 4 Theilen gewöhnlichem gutem Mörtel, der frisch gemacht und etwas weich ist und 1 Theil pulverisirtem Kalk und muß sofort verbraucht werden. Bei der Bereitung muß das Durcharbeiten sorgfältig geschehen und nur in solchem Maße vorgenommen werden, als er vermauert werden kann.

Digitized by Google

3) Mörtel von Sand und Cement nach Demselben. Der Loriot'sche Mörtel von Sand und Cement wird aus 3 Theilen feinem Kiefelsand, 3 Theilen Cementpulver von Ziegeln, 2 Theilen eingemachtem Kalk und 2 Theilen gemahlenem lebendigem Kalk zusammengesetzt. Bei der Bereitung mischt man die drei ersten Stoffe, unter Zusatz des nöthigen Wassers, dann schüttet man den lebendigen Kalk zu. Das Ganze wird nun tüchtig durcharbeitet, wie es bei obigem Sandmörtel beschrieben worden, und ohne Verzug verwendet.

Einer der Hauptvorzüge des Loriot'schen Mörtels ist das Binden zur Stelle. Man muß dieses ohne Zweifel der schnellen Absorption des Wasseranttheils in der Mischung durch den lebendigen Kalk zuschreiben, wodurch die Verhärtung nach Art des Gypses erfolgt.

Rondelet will aber aus Beobachtungen erkannt haben, daß der Mörtel nach Verlauf einer gewissen Zeit an dem Vorzuge, der sich bei der Verarbeitung herausstellte, verliert, während bei dem gewöhnlichen Mörtel die Festigkeit und Dauer mit dem Alter wächst. Demnach thut man besser, ihn nur unter Umständen anzuwenden, wo man auf ein sehr rasches Binden rechnen muß, was man mit keinem andern Mörtel erlangen würde.

Guyton de Morveau hat, in Betracht, daß die Pulverisirung des lebendigen Kalks eine lästige, selbst gefährliche Arbeit ist, weil die Arbeiter trotz aller Vorsichtsmaßregeln Entzündungen der Athmungsorgane ausgesetzt sind, vorgeschlagen, den Kalk bedeckt zu löschen und, wenn er freiwillig in Pulver zerfallen ist, in einem kleinen Ofen von Neuem zu calciniren, um ihn noch heiß anwenden zu können.

4) Mörtel von Cendrée aus Nimes. Zu Anfertigung dieses Mörtels breitet man die

Digitized by Google

Cendrée auf einer ganz glatten Ebene aus und gießt so viel Waſſer darauf, daß ſie eingeweicht wird. Sodann ſchlägt man ſie durch ein ſehr feines Drahtſieb, um alle groben Theile abzuſcheiden. Sie wird nun mittelſt einer Krücke, wie der Mörtel, durcharbeitet und nach vier- oder fünftägigem Umarbeiten (jeden Tag ein Mal unter möglichſt geringer Waſſerzuthat) ſofort verbraucht. Man wendet dieſen Mörtel meiſt im ſüdlichen Frankreich an, und hat ihn als vorzüglich bei Waſſerbauen gefunden.

5) Von dem Mörtel, den man Platre-Ciment nennt. Man bereitet ihn mit den ſogenannten galets de Boulogne-sur-Mer (oder jedem andern Foſſil, welches die Beſtandtheile dieſer Steine hat), die in einem Kalkofen bei paſſendem Hitzgrad gebrannt und zu einem ſehr feinen Mehl gemahlen werden. Bei der Anwendung rührt man dieſes Mehl, wie gewöhnlichen Gyps, in Waſſer mit der Kelle an, vermeidet aber, ihn mit der Hand zu berühren. Man macht nur ſo viel an, als man ſofort verbrauchen kann, weil er ſchnell an der Luft erhärtet. Noch mehr Härte erlangt derſelbe, wenn er eine Zeitlang in Waſſer gelegen; nur muß man ihn in dieſem Falle erſt eine Stunde nach dem Anmachen zu Teig verarbeiten.

Der Name platre-ciment ſchreibt ſich von dem Genie-Capitän Leſage, Profeſſor der Fortification zu Metz, wegen der, einestheils dem Gyps, anderntheils dem Cementmörtel gleichen Eigenſchaften. Die Galets kommen den Nieren gleich, die an der Küſte Englands gefunden werden und den Romancement liefern. Beide ſcheinen gleichen geognoſtiſchen Urſprung zu haben *).

*) Man vergleiche §. 132 u. A.

6) Cement, der undurchdringlich vom Wasser, und vom Frost unangreifbar ist, mittelst Theers. Dieser Cement kann die Pflasterung mit Steinplatten ersetzen und mit Vortheil und Erfolg in den innern Gemächern angewendet werden. Man fertigt ihn aus zwei Maßeinheiten gut gewaschener Flußkiesel oder Bruchstücken von Ziegeln in Größe einer Haselnuß, zwei Maß von Dachziegelmehl und grobgestoßenen Schmiedeschlacken, einem Maß von gewaschenem Flußsand und einem von gutem, frischgebranntem und gestoßenem Kalk.

Bei dem Zusammenmengen bildet man mit Sand einen Kreis, thut in diesen den Kalk, den man löscht und mit der Krücke gehörig durcharbeitet. Nachdem der Kalk gut zergangen ist, läßt man ihn drei Stunden stehen, damit sich alle Theile löschen, und mischt alsdann nach und nach die Kiesel, den Hammerschlag, die Ziegelstücken und den Sand bei, und durcharbeitet den Mörtel noch eine halbe Stunde lang, damit kein Kieselstein oder Ziegelstück bleibe, was nicht vollkommen eingehüllt ist.

Auf den ziemlich fertigen Cement wirft man gegen 13 Liter gemahlenen lebendigen Kalk und gießt, da er dadurch schwer umzuarbeiten wird, drei bis vier Liter Kalkmilch zu, welche bald eindringt und alle Theile in Cement verwandelt. Bei der Anwendung verbreitet man die Masse in der Dicke von 6 bis 9 Linien auf eine Tenne von rauhen oder mit dem Werkzeug angespitzten Ziegeln, lies't die Kiesel aus und ersetzt sie durch grobgestoßene Ziegeln oder Hammerschlag; schlägt den Auftrag und glättet ihn mit platten Kieseln, muß ihn aber vor dem Anstrich vier Wochen lang trocknen lassen. Nachher überstreicht man ihn mit flüssigem, heißgemachtem Theer und macht ihn so undurchdringlich gegen Wasser. Der Fußboden läßt sich fließenartig malen.

Digitized by Google

Uebrigens kann man, um dem Uebelstande zu begegnen, daß der Theer bei Sommerhitze klebrig und weich wird, Kalkpulver darüber sieben. Dieser Kalk verbindet sich mit dem Theer und bildet damit eine neue Decke von Cement, ähnlich dem, welchen die Römer Malta nennen. Auch läßt sich der erhitzte Theer mit Braunroth, gelbem Ocker ꝛc. vermischen, um ihm eine gefälligere Farbe zu geben.

§. 170. Von dem Austrocknen des Mörtels von hydraulischem Kalk. Dergleichen Mörtel verlangen ein langsames Austrocknen: man wird daher ihren Widerstand vermehren, wenn man die Mauerung durch Bedeckungen gegen den trocknen Einfluß der Atmosphäre schützt.

Die Versuche von Vicat haben bewiesen, daß diese Mörtel, je nach Umständen, verlieren können: bei dem gewöhnlichen Trocknen an freier Luft und im Schatten $\frac{8}{10}$ der Kraft, die sie bei einem langsamen Austrocknen erlangt haben würden, und $\frac{8}{10}$, wenn sie der Mittagssonne und in den vorspringenden Theilen ausgesetzt wurden.

Uebrigens ist der letztere Umstand auch den ordinären Mörteln gleich nachtheilig, und oft Ursache des Einsturzes oder starker Beschädigungen gewesen. Aehnliche Untersuchungen sind schon von Hygins gemacht wurden, und bereits oben angeführt.

Braucht man den hydraulischen Mörtel bei Luftmauern, zum Schutz gegen Feuchtigkeit, so ist unbedingt nöthig, daß man den hydraulischen Kalk, sei es, daß er als Speise, zum Verstreichen der Fugen oder als Berapp gebraucht worden, so oft und so lange begieße und feucht erhalte, bis er seine gehörige Härte erlangt hat. Ohne diese Vorsicht bleibt er weich, zerreiblich und bröckelt ab. Auch die Steinflächen müssen gut angenäßt werden, wenn der Mörtel sich bei'm Trocknen nicht abtrennen soll.

Digitized by Google

Bleiben Waſſermauern eine Zeitlang der Luft ausgeſetzt, bevor das Waſſer wieder Zutritt erhält, ſo müſſen dieſelben Vorſichtsmaßregeln, wie bei den Luftmauern, angewendet werden.

Fünftes Capitel.

Von den Bétons (Grundmörteln).

§. 171. Unter Béton verſteht man eine Miſchung von hydrauliſchem Mörtel mit Kieſeln oder zerſchlagenen Steinen, Ziegeln ꝛc. Die weſentlichſte Forderung an einen Béton iſt die ſchnelle Erhärtung unter Waſſer. Da ſeine Güte von der Qualität des Kalks und den beigemengten Stoffen abhängt, ſo wird man immer an jedem Orte zu deſſen Bereitung den beſten hydrauliſchen Mörtel wählen. Was die Verhältniſſe der Miſchung betrifft, müſſen Verſuche entſcheiden. Bei Brücken-, Chauſſee- und Militärbauen macht man häufigen Gebrauch des Bétons; überhaupt bietet deſſen Anwendung unter geeigneten Umſtänden große Vortheile. Es mag ein Grund, worauf gebaut werden ſoll, irgendwie beſchaffen ſein, ſo braucht man dadurch nicht verlegen zu werden. Durch Anwendung des Bétons kann man eine künſtliche Grundlage herſtellen, die dichter und weniger preßbar iſt, als der gewachſene härteſte Boden; eine Lage, die durch ihren ſtarken Zuſammenhang den beſten Schwell- oder Pfahlroſt vertritt.

Digitized by Google

Zu dem Béton können kleine Steine oder Steinbrocken aller Art genommen werden, wie Kiesel, zerschlagene Granit-, Sand-, Kalksteine, zerschlagene Ziegeln oder andere gebrannte Thonmassen, einzeln oder vermengt, Schlacken, Lava u. dergl., denen, je nachdem der Béton für Wasser- oder Luftbauten bestimmt ist, hydraulischer oder auch nur gewöhnlicher, gelöschter Kalk, mit mehr oder weniger gröberem oder feinerem Sande oder ähnlichem Material, zu Kalkmörtel angemacht, in größerer oder geringerer Menge, beigemengt wird, um mit ihnen eine compacte künstliche Steinmasse, den Béton, zu bilden.

Das Verhältniß der Menge Steine zu der des verbindenden Mittels richtet sich je nach der Bestimmung, für welche der Béton bereitet wird; für die meisten Zwecke entfernt es sich wenig von gleichen Raumtheilen beider Substanzen. Es müssen jedoch dabei noch andere Rücksichten beachtet werden.

Die Steinstücken, Kiesel ꝛc. dürfen in ihrer größten Ausdehnung füglich nicht über 3 bis 4 Centim. (1 bis $1\frac{1}{4}$ Zoll) haben, und man hat, wie bei dem Sande (§. 103), die Zwischenräume einer Masse von dergleichen zusammengerüttelter Substanz zu ermitteln, um ihr den richtigen Kalkzusatz zu geben. Besonders ist dieses nöthig bei Béton, der unter Wasser zu liegen kommt, und dessen Zwischenräume um so inniger von dem Kalkmörtel ausgefüllt werden müssen.

Kennt man den leeren Raum, so würde zur Noth ein gleiches Volumen Kalkmörtel, namentlich bei Luftbauen, genügen. Bei Wasserbauten hingegen ist es gerathen, für den Kalkmörtel der Größe der gefundenen Zwischenräume noch $\frac{1}{4}$ zuzusetzen.

Erfahrungen haben gezeigt, daß gewöhnliche zerschlagene Steine von obenbemerkter Größe ungefähr $\frac{47}{100}$, ganze Kiesel gemischter Größe bis

zum Maximum der oben angegebenen $\frac{33}{100}$ ihres Raumes freie Zwischenräume lassen; man wird daher den erstern mindestens $\frac{50}{100}$, den letztern $\frac{40}{100}$ Volumentheile Mörtel zugeben müssen.

Der Transport des Bétons in Karren auf mittlere Entfernung ist demselben nur zuträglich, weil sich dadurch die Steinbrocken dichter ineinander schichten und den überschüssigen Mörtel nach oben drängen, wo er leicht abgenommen werden kann.

Erster Abschnitt.

§. 172. Bétons von Traß. Man setzt ihn für 1,500 Cubikmeter Mischungsantheile, die 1,200 Cubikmeter Béton nach dem Zusammenmengen geben, zusammen aus:

0,300 Cubikmet. hydr. Kalk, lebendig gemessen;
0,300 „ Traß;
0,300 „ Sand;
0,200 „ Kies und
0,400 „ Steinbrocken.

Er muß unter einem Wetterdach oder Schuppen in Haufen von 1,200 Cubikmeter bereitet werden. Zu diesem Behufe bildet man auf den Dielen oder auf dem festen, gut geschlagenen Boden ein rundes Bassin von dem Gemenge des Sandes und Trasses. In dessen Inneres, von gegen 2 Meter Durchmesser, schüttet man den kleingeschlagenen Kalk, auf diesen aber zwei bis drei Eimer Wasser; und so wie derselbe anfängt, Dämpfe auszustoßen, bedeckt man ihn mit dem Sand und Traß, indem man fortfährt, Wasser mittelst einer Brause darauf zu sprengen. Auch nachdem der Kalk zugedeckt worden, befeuchtet man auf gleiche Weise den Sand und Traß. In

Digitized by Google

den Gipfel des Haufens macht man eine kleine Hohlung und gießt diese voll Wasser, während ein Arbeiter mit einem eisenbeschlagenen Stocke nach allen Richtungen hin Löcher bis auf den Grund sticht, um dem Wasser überall Zutritt zu verschaffen und dadurch das vollständige Löschen des Kalks zu bewirken. Die Beendigung erkennt man, wenn aus den Oeffnungen kein Dampf mehr tritt.

Nach Verlauf von 3 bis 4 Stunden öffnet man den Haufen um ihn, ohne Wasserzuthat, zu rühren. Dieses geschieht mit eisernen Krücken durch vier Mann an jedem Haufen, und wird drei Stunden lang ohne Unterbrechung fortgesetzt. Hierauf wird der Mörtel in einer 10 bis 15 Centimeter dicken Lage aufgeschüttet, mit Kies und Steinbrocken bedeckt und diese durch Handrammen eingestoßen. Während der nächsten zwei Stunden wendet man die Mischung zu verschiedenen Malen, schaufelt sie dann in einen Haufen zusammen, um sie sofort zu verbrauchen.

Die hier angegebenen Maßverhältnisse und Bearbeitung sind die, bei einem Wehrbau zu Straßburg zu einem Fundament von Béton angenommenen, nachdem man deßhalb mehre Versuche gemacht hatte. Der dazu verwendete Kalk war der sehr stark hydraulische von Oberehnheim. Wenn der Kalk nur ein gemeiner ist, dann muß die Menge des Traß vergrößert, die des Sandes verringert werden; es bleibt jedoch unentschieden, ob man ein gleich genügendes Resultat wie mit dem hydraulischen Kalk erhält, weßhalb dieser immer den Vorzug verdient.

§. 173. Béton von vulcanischer Puzzolane. Man mischt ihn aus 12 Theilen Puzzolane, 6 Theilen Sand, 9 Theilen hydraulischem Kalk, lebendig gemessen, und 16 Theilen Steinbrocken; oder auch zu 1,600 Cubikmeter Mischung (die nach der Zusammensetzung 1,500 Cubikmet. Béton geben) von

0,330 lebendigen hydr. Kalk, lebendig gemessen;
0,450 Puzzolane;
0,220 Sand;
0,600 Steinbrocken.

Um diesen Béton zusammenzuarbeiten, bildet man auf einem festen und gut geschlagenen Boden eine kreisförmige Einfassung von 12 Theilen Puzzolane, auf die man 6 Theile groben körnigen und nicht erdigen Sand schüttet und gleichmäßig ausbreitet. In das Innere des Kreises, der gegen 2 Meter Durchmesser hat, thut man 9 Theile lebendigen gut gebrannten und mit einem Schlägel zerschlagenen Kalk und schüttet darauf die zum Löschen nöthige Wassermenge; hierauf mischt man mit mehren Krücken diese drei Stoffe zusammen und setzt dem Gemenge 16 Theile kleiner Brocken von Stein oder kleiner Füllsteine, deren Größe die einer Nuß nicht übersteigt, zu. Man mengt nun nochmals das Ganze zusammen und bringt es auf einen Haufen, verbraucht aber den Mörtel im Sommer erst 5 bis 6 Stunden nachher.

Der Béton von Puzzolane wird mehr an den südlichen Küsten und Gegenden angewendet.

Man beobachtet, daß man ihn im Sommer in den Frühstunden präparirt und Nachmittags verbraucht; im Winter kann man ihn Nachmittags mischen und den andern Tag verwenden.

Was von der Bereitung dieses und des ersten Bétons gesagt worden, ist für alle andern anwendbar.

Zweiter Abschnitt.

§. 174. Bétons von künstlicher Puzzolane. Die Bereitung von dergleichen Bétons ge-

Digitized by Google

schieht auf gleiche Weise, wie die von Traß und vulcanischer Puzzolane, und ist dieselbe Sorgfalt darauf zu verwenden. Folgendes sind die dazu schicklichen Mischungen:

1) Béton von gebranntem Thon. Man nimmt zu 1,500 Cubikmeter Mischung (die 1,200 Cubikmeter Béton giebt)

0,300 hydr. Kalk, ungelöscht gemessen;
0,300 kalkhaltigen gebrannten Thon;
0,300 Sand;
0,200 Kies und
0,400 Steinbrocken.

2) Béton von Schiefer. Diesen mischt man aus 12 Theilen hydr. Kalk, der lebendig gemessen und durch Einsumpfen gelöscht worden, 12 Theilen calcinirtem und pulverisirtem Schiefer, 6 Theilen Sand und 16 Theilen Steinbrocken; oder auf 1,600 Cubikmeter Mischung (woraus 1,500 Cubikmeter Béton hervorgeht), aus

0,420 lebendig gemessenen hydr. Kalk;
0,420 calcinirten Schiefer;
0,210 Sand und
0,550 Steinschlag.

3) Béton von Basalt; desgleichen von Eisensandstein wird nach denselben Verhältnissen wie der von vulcanischer Puzzolane zusammengesetzt.

4) Béton von Ockererden. Er besteht aus 4 Theilen der gebrannten Erde, 3 Theilen durch Eintauchen gelöschtem Kalk und 3 Theilen kleinen Steinstücken.

5) Béton von Puzzolane und gemeinem Kalk. In Ermangelung von hydr. Kalk müssen die bei den ersten drei Bétons angegebenen Mischverhältnisse durch genaue Versuche abgeändert werden, bis man einen Béton von größter Härte erhält.

Digitized by Google

6) **Béton von Sand und hydrauliſchem Kalk.** Der Béton von natürlichem oder künſtlichem hydrauliſchen Kalk wird aus gleichen Theilen hydrauliſchem Mörtel (aus 3 Theilen feinem Sand und 2 Theilen hydraul. Kalk beſtehend) zu Teig angemacht und grober Kies oder Steinſchlag beigemiſcht. Man bringt den friſch gemengten Mörtel auf eine Tenne von gefügten Bohlen und arbeitet ihn mit dem andern Zuſchlage mittelſt Schaufeln, Krücken oder beſſer mit einer dreizinkigen Hacke durch. Er muß unmittelbar nach ſeiner Bereitung verbraucht werden.

Zu Paris hat man, zu Belegung eines Schleußenbettes von 30 Centim. (11 Zoll) Dicke an dem Canal St. Martin, den Béton aus gleichen Theilen Kieſeln und hydrauliſchem Mörtel aus der Fabrik von Saint-Léger nach den bei dem erſten hydrauliſchen Mörtel oben angegebenen Verhältniſſen, zuſammengeſetzt.

Der Mörtel wird durch Maſchine bearbeitet und, ſo wie er aus derſelben kommt, auf einen dichten Dielenboden gebracht, wo man den Steinſchlag in dem angegebenen Verhältniß unterarbeitet, indem man ſich dabei der Krücken mit drei eiſernen, etwas gekrümmten Zinken bedient. Auf dieſe Weiſe bearbeitet man den Béton nach Haufen von ¼ oder ½ Cubikmeter und wirft ihn ſofort mit der Schaufel auf das Schleußenbett, wo man ihn mit Handrammen feſtſtößt.

Die obigen Miſchverhältniſſe hängen wie immer viel von der Beſchaffenheit des Kalks ab und müſſen durch Verſuche beſtimmt werden. Wir führen hier noch einige Beiſpiele von dergleichen Béton an: Vicat hat die Fundamente der Brücke von Souillac über die Dordogne auf folgenden Béton unter Waſſer geſtellt:

Granitsand . . .	0,390,
Kieſel und Grus .	0,660,
hydr. Kalk als Teig	0,260.

Der hydrauliſche Kalk war von erſter Qualität, ſehr mager und zeigte bei dem ordinären Löſchen kein Gedeihen: er wurde auf dem Bauplatze ſelbſt gebrannt und nur am ſpäten Tage ſo viel eingeſumpft, als den andern Tag verarbeitet werden konnte. Dreißig kleine Tennen von 2 Meter (6 Fuß) Länge, bei 120 Centim. (3 Fuß 8 Zoll) Breite, die mit Steinplatten belegt und nur auf zwei Seiten eingefaßt waren, wurden ſymmetriſch und regelmäßig um die Grube und Kalkkäſten angelegt. Jeder Tenne wurden 2 Schaufeln, eine Krücke, 4 Stößel von Gußeiſen, im Gewicht von 4,4 Kilogr., und 2 Eimer von 0,07 Cubikmeter Größe zugetheilt. Die Arbeiter waren folgendermaßen vertheilt: an jeder Tenne 4 Mann und an jedem Kalkbett 2. Die Oberaufſicht führten 3 Schachtmeiſter; dieſen lag ob, den Zuſtand des Kalkes vor dem Beiſchlag des Sandes, den des Mörtels vor der Zuthat der Kieſel, die Maße ꝛc. zu prüfen. Jede Arbeiterabtheilung bearbeitete nur $\frac{1}{2}$ Cubikmeter des Materials auf einmal; das Durcharbeiten geſchah mittelſt Stößel, um einen möglichſt feſten Teig zu erhalten; die Tagarbeit war gemeſſen und jeder Abtheilung unterſagt, mehr als vier und weniger als drei Cubikmeter pr. Tag zu liefern.

Bei der Brücke von Méliſey wurde Béton angewandt, deſſen Grundbeſtandtheil ein künſtlicher hydrauliſcher Kalk war. Auf der 75 Centim. (2 Fuß 2 Zoll) dicken Bétonlage ruhte das Fundament der Brückenpfeiler und Widerlager. An dem hinteren Pfeilervorſprunge wurde eine Hauptbettung angelegt, die auf einer 50 Centimeter (1 Fuß 6 Zoll) dicken Bétonlage ruhte. Dieſe Lage vereinigte ſich zu ei-

Digitized by Google

nem Ganzen mit der oben beschriebenen und einer von 1,4 Meter (4 Fuß 3 Zoll), oberhalb über die ganze Breite des Flusses.

Der Béton bestand aus:

Lebendig gemessenem hydraulischem Kalk	0,400
Steinschlag	0,310
Hammerschlacke	0,200
Granitkies	0,100
Granitsand	0,200
	1,210

welches sich bei der Anwendung auf 1 Cubikmeter reducirte.

Siebentes Capitel.

Von den Kitten (Mastic's).

§. 175. Kitte gehören, streng genommen, zu den Cementen, von denen sie sich nur dadurch unterscheiden, daß von den Kitten eine schnelle Erhärtung nicht unbedingt gefordert und deren Gebrauch, wegen der Kostspieligkeit, gemeiniglich nur auf sehr wichtige oder kleine Arbeiten beschränkt wird.

Zu den Eigenschaften eines guten Kitts gehört:

1) daß er in den Körper nicht einziehen darf, wodurch ihm die Bindekraft entgehen würde; noch durch Feuchtigkeit (wohl auch durch Wärme) aufgelöst werde.

Digitized by Google

2) Daß er sich den Körpern, die er verbinden soll, assimilire und nur durch Gewalt von ihnen getrennt werden könne.

Man theilt die Kitte ein in

1) Wasserkitte,
2) Oel- oder fette Kitte,
3) Harz- oder bituminöse Kitte.

Um der Tendenz dieser Schrift nicht untreu zu werden, beschäftigen wir uns in dem Folgenden nur mit den beiden ersteren Arten, weil dabei gewöhnlich Kalk benutzt wird. Im Allgemeinen muß die Mischung nach chemischen Grundsätzen geschehen; auch muß sie nothwendig je nach den zu verbindenden Stoffen eine verschiedene sein, oder sich nach der Stärke der verlangten Bindekraft richten.

Es ist unmöglich, alle die Zusammensetzungen aufzuführen, welche als Kitte angewendet werden können. Man hat von jeher viel an ihnen gekünstelt, Substanzen beigemischt, von denen weder eine chemische, noch mechanische Wirkung abgesehen werden kann, ja viele als Geheimniß bewahrt.

Erster Abschnitt.

§. 176. Wasserkitte.

1) Gewöhnlicher Mastic*). Man setzt ihn aus 1 Theil lebendigem Kalk (in Pulverform gemessen), mit Rindsblut angerührt, 2 Theilen Cement,

*) Es ist fehlerhaft, dergleichen Mischungen „Mastix" zu nennen, da dieses das bekannte Harz bezeichnet; „Mastic" hingegen für „Kitt" gebraucht werden muß, da dies Wort, aus dem Englischen, Französischen, Italienischen ꝛc. entlehnt, in diesen Sprachen so geschrieben wird.

Digitized by Google

dem man noch etwas Eisenfeile zusetzt, zusammen und schägt ihn so lange mit Bläueln, bis er eine milde und vollkommen homogene Consistenz angenommen hat.

Dieser Mastic kann zum Verstreichen der Fugen, zu Guß auf Gewölben, die den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind, und dergl. dienen.

Es darf bezweifelt werden, ob das Blut ein thatkräftiges Agens dabei ist, und es ist fast anzunehmen, daß der im Blut (Blutwasser) enthaltene Eiweißstoff (8%) nicht mehr wirkt, als wenn man den Kalk mit Wasser anmacht; dem darin enthaltenen Faserstoff (Fibrin) kann ebenfalls keine Einwirkung auf Erhärtung, noch hydraulische beigemessen werden; eher noch dürfte er darauf einen nachtheiligen Einfluß haben. Der einzige Vortheil könnte in der oxydirenden Einwirkung des Blutes auf die Eisentheile gesucht werden.

2) **Kitt von Käse und Kalk**, sogenannter **Käseleim** der Tischler. Man wendet dazu entweder frische aus der Milch durch Lab oder Weinsteinsäure ausgeschiedene Käsemasse oder getrockneten Käse an. Die erstere reibt man unmittelbar mit dem Aetzkalk (oder frischen Mehlkalk) ohne weitere Zuthat auf einem glatten Steine zusammen, bis eine weiche, sich ziehende Masse, ohne Spur von Kalkkörnern entsteht. Den andern schneidet man in dünne Scheiben und rührt und kocht ihn so lange mit Wasser, bis er zu einer ganz zähen terpenthinähnlichen Masse geworden ist; gießt das Wasser ab und knetet in einem warmen Mörser so viel luftzerfallenen Kalk hinein, daß eine weiche, bildsame Masse erhalten wird, die man sogleich verwenden muß, da sie rasch erhärtet; der Käse nimmt dabei höchstens ¼ seines Gewichtes an Kalk auf.

Bedarf man größerer Massen, so kann man vorher den Kalk mit etwa seinem gleichen Gewicht feinen Sandes oder Ziegelmehls vermengen und die-

Digitized by Google

sem so viel Wasser zusetzen, daß sie einen recht steifen Mörtel bilden, ehe man den Käse zureibt.

3) Feingesiebter Aetzkalk, frische Käsemasse (Quark), Rindsblut zum zähen Teige angerieben, oder:

Frische Käsemasse, Aetzkalk und feingeriebenen Sandstein mit Eiweiß angemacht, giebt einen ähnlichen festen Kitt, der auch an feuchten Orten gut hält.

Diese Käsekitte werden theils auf Holz, theils zum Anstrich hölzerner Wände ꝛc. und über Kalkputz angewendet. Vorzüglich gut sind sie zum Leimen der Tafeln bei Fußböden aus gesäumten Bretern.

4) Ein Kitt, womit man eiserne Klammern u. dergl. einkitten, auch Quadern verbinden kann, wird durch 2 Theile Gyps, einen Theil Eisenfeile oder klaren Hammerschlag, mit Essig ganz flüssig eingerührt, erhalten.

5) Weißer Quark, mit Roggenmehl und Kalkmilch angemacht, dient zum Ausfüllen der Löcher an Steinblöcken, (Mühlsteinen) und dergl.

Zweiter Abschnitt.

§. 177. Oel- oder fette Kitte.

1) Der Vauban'sche Mastic. Die Bereitung dieses Mastics, der sich gut zu innerer Auskleidung von Cisternen eignet, geschieht, daß man zerfallenen Kalk mit Leinöl anrührt. Man nimmt 5 bis 6 Theile dieses angemachten, halbgelöschten Kalks und mischt ihn mit 2 Theilen guten, fein gesiebten Cements, schlägt das Gemisch einen halben Tag lang, läßt es dann eine Nacht ruhen und schlägt es den andern Morgen noch eine halbe Stunde lang, worauf man es in Lagen von 3 bis 4 Millimeter, höchstens 4 Millim. Dicke auf die angespitzte, gut

gereinigte Mauer aufträgt. Nach Verlauf von drei bis vier Tagen ſetzt man eine neue Lage darauf und fährt in dieſen Intervallen fort, mehre Lagen aufzutragen, trägt jedoch Sorge, die frühere ſtets rauh zu ſpitzen, um eine beſſere Verbindung zu bewirken.

Fünf bis ſechs dergleichen Lagen geben eine Bekleidung von 2 Centim. Dicke. Dieſe Vorſchrift verdient umſomehr Vertrauen, als ſie aus einem eigenhändigen Briefe Vauban's an einen Ingenieur-Officier der Feſtung Bellegarde entnommen iſt; auch in mehren Ländern mit Erfolg angewendet wurde. Es iſt dazu nur ein gemeiner Kalk erforderlich.

2) Tuneſiſcher Maſtic. Man miſcht und ſchlägt durch ein feines Sieb 2 Theile Holzaſche, 3 Theile zu Pulver gelöſchten Kalk und 1 Theil feinen Sand und ſchlägt das Gemenge ohne abzuſetzen drei Tage und Nächte hindurch mit hölzernen Schlägeln, während man abwechſelnd in regelmäßigen Zeiträumen Waſſer und Leinöl zugiebt, bis ein vollkommener zäher Teig daraus entſtanden iſt.

Dieſer Maſtic findet ſich von Brians Hygins beſchrieben, wie er bei den Ciſternen im Königreiche Tunis angewandt wird; er ſcheint eine traditionelle Ueberlieferung noch aus den Zeiten Karthago's zu ſein; denn mehre alte Monumente der Art finden ſich mit Mörtel gemauert, deſſen Analyſen die gedachte Miſchung ergeben.

3) Maſtic des Fiennes. Dieſer zum Ausſtreichen der Fugen ſehr brauchbare Kitt wird aus 2 Theilen hydrauliſchem Kalk, der, durch Ausſetzen 8 bis 10 Tage lang in einem Keller, zerfallen und durch ein feines Sieb getrieben worden, und 2 Theilen eines guten, friſch gepülverten und geſiebten Cements bereitet. Man knetet die Miſchung wie Brodteig mit einem Theil Leinöl in allmähligen Zuſätzen.

Digitized by Google

Vor der Anwendung knetet man die Masse nochmals durch, kratzt die Fugen tief aus und entfernt allen Staub; hierauf werden die Fugen mittelst eines Pinsels mit kochendem Leinöl ausgestrichen; ein zweiter Arbeiter aber drückt sofort den Mastic mit einer kleinen Kelle ein.

Dieser Mastic ist gleich gut an der Luft, unter Wasser und wo Feuchtigkeit und Trockne wechseln.

4) Mastic mit Bleiglätte. Man nimmt 93 Theile pulv. gut gebrannte Ziegel oder Thon und 7 Theile sehr fein zerstoßene Glätte, mischt sie und setzt hinreichendes reines Leinöl zu, um der Masse eine dem angemachten Gyps ähnliche Consistenz zu geben.

Dieser Mastic wird wie Gyps angewandt, nachdem man die zu speisende Fläche jedesmal mittelst eines Schwammes benetzt hat.

Er ist von Thenard angegeben worden und die Erfahrung hat dessen Vorzüge bestätigt. Man kann ihn mit dem besten Erfolg anwenden, um Terrassen zu bedecken, Bassins auszuschlagen, Steine zu kitten und überall, wo man dem Eindringen des Wassers vorbeugen will.

5) Mastic, welcher dem Dhil'schen gleicht. Man hat bei den Festungsbauten zu Rochelle neue Versuche über die Mastics gemacht und ist dabei auf eine Zusammensetzung gekommen, die in ihren Eigenschaften mit dem in dem Handel vortheilhaft bekannten Dhil'schen Kitt übereinzukommen scheint.

Sie enthält:

Kiesigen Sand	14	Volumtheile,
pulveris. Kalkstein	14	„
pulveris. Bleiglätte	$\frac{1}{14}$	des Gewichts von dem Sand und Stein zusammen,
Leinöl	$\frac{1}{7}$	des Gesammtgewichts.

Digitized by Google

Diese Pulver müssen gut gemengt und dann mit Leinöl angemacht werden, zuvor aber ist es wesentlich, den Sand und das Kalksteinmehl in einem Ofen stark zu trocknen, indem davon die innigere Verbindung des Oels mit den Pulvern abhängt; man kann die Hitze bis zum Anfang der Calcinirung treiben.

Auch bei ihm darf die Vorsicht nicht unbeachtet bleiben, daß man den Körper, an den der Mastic binden soll, mit siedendem fetten Oel bis zur Sättigung tränkt.

Der Dhil'sche Mastic wird zum Bedecken von Terrassen, zum Ausschlagen von Wasserreservoirs, zum Vergießen der Werkstücke ꝛc. gebraucht.

Beide vorbeschriebene Mastic's werden mit ziemlich gleichen Kosten herzustellen sein.

6) Mastic von Corbel. Der zum Ausstreichen der Steinfugen, die der Witterung bloßgegeben sind, ausgezeichnete Mastic besteht, auf 6 Kilogr. Masse, aus 3 Kilogr. Ziegelcement, gut gepülvert und gesiebt, 0,50 Kilogr. Bleiglätte, 0,50 Kilogr. Bleiweiß, 1,5 Kilogr. ordin. Leinöl zum Anrühren und 0,50 dergleichen gekochtem als Siccativ.

Man muß sorgen, daß das Cementpulver, Bleiweiß und die Glätte in vollkommen trockenem Zustande seien, damit sie das Oel leicht annehmen und der Mastic schneller trockne. Auch müssen die Steinfugen recht trocken, ausgestochen oder gereinigt werden, weil sich der Mastic sonst mit den Steinen nicht verbinden und bald nach dem Verstreichen aus den Fugen fallen würde.

Auch der Mastic des Corbel scheint viel Analogie mit dem des Dhil, dessen Zusammensetzung nicht bekannt ist, zu haben; zu demselben Gebrauch zu dienen, dabei aber weniger zu kosten. Man kann mit Erfolg das Ziegelpulver durch Thoncement ver-

Digitized by Google

tauschen und vielleicht auch das Bleiweiß durch eine gleiche Menge Puzzolane ersetzen; denn das Bleioxyd kann neben der Glätte keine besondere Rolle bei der Erhärtung des Mastic haben. Das Recept hat Morizot bekannt gemacht.

7) Kitt zu einem wasserdichten Mauerwerk zum Verstreichen der Fugen.

5¼	Gewtheile	zerfallener Kalk,
2½	"	fein gesiebtes Ziegelmehl,
¼	"	pulverisirtes Glas,
2	"	gewöhnliches Leinöl.

Steht die Mauerung beständig unter Wasser, so ändern sich die Verhältnisse dahin:

5	Gewtheile	Kalk,
2½	"	Ziegelmehl,
½	"	Hammerschlag,
¼	"	pulv. Glas,
2	"	Leinöl.

Kalk und Ziegelmehl müssen völlig trocken, gestoßen und gesiebt sein. Man gießt anfänglich nur so viel gekochtes Leinöl zu, daß die Masse bei'm Schlagen und Stoßen nicht stäubt; dann wird sie in einem großen Mörser mit ¾ des Oels zu einem Teige gestoßen und hierauf das übrige Oel zugegossen. Man bringt die Masse auf eine Werksteinplatte und schlägt sie mit einem wenigstens 20 Pfund schweren eisernen Bläuel einen Tag lang, wobei man die breit geschlagene Masse öfters zusammenlegt. Ein Mann kann täglich nur 10 Pfund bereiten, wenn er nicht nachlässig verfährt; auch darf man nicht mehr anfertigen lassen, als in 2 bis 3 Tagen aufgearbeitet werden kann. Uebriger Vorrath wird in nasse Tücher geschlagen und im Keller aufbewahrt, bei'm Gebrauch aber gern wiederholt durchknetet.

Bei'm Verkitten muß man vorzüglich darauf sehen, daß die Fugen tief ausgekratzt, gereinigt und

Digitized by Google

völlig trocken seien. Man tränkt sie zuvor einige Mal mit fettem Oel und preßt den Kitt mit eisernen Spateln bis auf den Grund ein. Wenn nach einigen Tagen kleine Risse entstehen, werden sie mit Oel und dem Spatel zugestrichen.

8) Schnell erhärtender Kitt von Deville. Man rührt Bleiweiß mit Leinöl zu einem steifen Brei an und reibt dann ein gleiches Gewicht von Gyps zu, indem man so viel Wasser zusetzt, daß die Masse gut verstrichen werden kann.

Asphalt oder Steinkohlentheer, oder besser ein Gemenge von Steinkohlen- oder Holzkohlentheer mit zerfallenem Kalk gekocht, bis die hinreichende Consistenz erlangt ist, werden, mit $\frac{1}{8}$ ihres Gewichtes Schwefel und $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{12}$ Leinölfirniß gemengt, sehr feste, zähe Kitte für Terrassen und dergleichen Arbeiten liefern.

9) Neun Theile feinen Thon, 6 Theile gesiebte Asche, 3 Theile feinen Sand und 9 Theile Theer oder Leinöl mit so viel als nöthig Wasser gemischt, durchgearbeitet wie oben beschrieben, giebt einen wasserfesten Kitt und dünn gemacht einen guten Anstrich.

10) Zur Verdichtung der Fugen zwischen Kupfer oder Sandsteinen nimmt man 7 Theile Mennige, 3 Theile Silberglätte, 3 Theile Bolus, 1 Theil gestoßenes Glas und 2 Theile guten Firniß. Anstatt der Mennige nimmt man besser halb so viel Bleiweiß, welches sich bei Kupfer oder Blech länger hält.

11) Kitt von Stephenson. Ein Gemisch aus 2 Theilen Bleiglätte, 1 Theil zerfallenem Kalk und 1 Theil feinstem Sand wird in luftdichten Büchsen aufbewahrt und unmittelbar vor dem Gebrauche mit heißem Leinölfirniß zu einer bildsamen Masse angestoßen.

Digitized by Google

12) Kitte von J. L. Lamenaude. Folgende Kitte zum Befestigen von Metallbuchstaben auf Glas, Marmor, Holz ꝛc. wurden 1848 in England patentirt.

a) Man vermischt 15 Thle. Copalfirniß,
5 „ Leinölfirniß,
3 „ rohes Terpenthinöl,
2 „ rectif. Terpenthinöl,
5 „ thierischen Leim, im Wasserbade gelöst,
10 „ gelöschten Kalk.

b) Desgleichen 15 „ Copalfirniß und Gummilack,
5 „ Leinölfirniß,
3 „ Kautschuklösung,
7 „ Theeröl und
10 „ gepülv. römischen Cement und Gyps.

Andere, wobei Kalk kein wesentlicher Bestandtheil ist, werden hier übergangen.

13) 12 Theile zerfallener Kalk mit 4 Theilen Leinöl angerührt, dann nach und nach noch 6 Theile zerfallener Kalk eingestreut und Alles zu einem Teige gearbeitet, diesen tüchtig geknetet und so lange geschlagen, bis die Masse nicht mehr klebt, giebt einen vorzüglichen Holzkitt.

14) Türkischer Kitt (Lukium). Dieser ausgezeichnete, von den Orientalen zu Verdichtung von Wasserbehältern, Ueberziehen von thönernen und metallenen Wasserleitungsröhren fast allgemein gebrauchte Kitt besteht aus 100 Pfd. (englisch) reinsten frisch gebrannten und fein pulverisirten Kalk, 10 Quart reines Leinöl und 4 Unzen Baumwolle. Der Kalk wird nach und nach mit dem Leinöl und der Baumwolle versetzt und zu einem dicken Brei geknetet, getrocknet und in Stücke zerschlagen aufbewahrt. Bei'm Gebrauch weicht man ihn in hinreichendem Leinöl

Digitized by Google

auf und trägt den Kitt in Schichten auf, die man jedesmal einzeln trocknen läßt.

15) Lowitz'scher Mastic. Er besteht aus 65 Theilen Kreide, 34 Theilen Colophon und 1 Theil Terpenthinöl. Das Colophon wird geschmolzen, die Kreide und das Terpenthinöl unter stetem Rühren dazu gemischt und hierauf die Masse auf Blechtafeln ausgegossen, wo sie schnell erhärtet.

Bei der Anwendung dieses Cements im Bauwesen werden 60 Pfund in einem Kessel geschmolzen und 120 Pfund reiner trockener Sand nebst 5 Maß Steinkohlentheer darunter gerührt. Die Masse wird mit Maurerkellen aufgetragen und in beliebiger Dicke gleich gestrichen; sie ist bindend und wird steinhart, ohne brüchig zu sein. Der beschriebene Cement ist bei den Mainzer Festungsbauten als Decklage der Casemattengewölbe, wie auch zum Schutz von Holz gegen Feuchtigkeit benutzt und bewährt befunden worden.

16) Busse's Terresin. Diese von Busse, Betriebsdirector an der Leipzig-Dresdner Eisenbahn, erfundene Steinmasse ist in Sachsen und Oesterreich patentirt. Sie ist bestimmt, Brücken, Gewölbe, Viaducte ꝛc. als Decklage gegen das Eindringen der Feuchtigkeit zu schützen. Auch Hausbedeckungen sind damit ausgeführt worden und haben sich sehr gut bewährt. Namentlich sind auch ganze Eisenbahnschwellen mittelst eines Gerippes von Holzabfällen und Formguß von Terresin-Kiesmasse hergestellt und durch mehrjährige Versuche bewährt gefunden worden. Die Schwellen können überall an Ort und Stelle, wo sie gebraucht werden sollen, durch gewöhnliche Tagelöhner ohne kostspielige Vorrichtungen angefertigt werden. Der ganze Apparat besteht aus einigen Formen von Holz und einigen Schmelzpfannen aus starkem Eisenblech. Das Material der Schwelle kann

wieder eingeschmolzen werden, wenn dergleichen unbrauchbar werden sollten. Man hat sie durch eiserne Hämmer zerschlagen lassen und gefunden, daß sich die Steinmasse vollkommen mit dem Holze verbunden hat und von demselben nicht abzutrennen war.

Die Schwellen haben eine Dauer wie Stein und behalten dabei die Elasticität des Holzes, weßhalb sie weder brechen noch die unangenehmen Einwirkungen äußern, welche gegen die Anwendung von Stein sprechen.

Von demselben bituminösen Steinmaterial können sehr feste Trottoirs, Fußböden ꝛc. mit geringen Kosten hergestellt werden.

Da die Masse selbst noch Geheimniß ist und die Arbeiten auf Bestellung von dem Erfinder besorgt werden, so ist hier eine weitere Mittheilung unthunlich.

Achtes Capitel.

Von den zur Bereitung des Mörtels gebräuchlichen Maschinen.

§. 178. Wie bereits oben bemerkt worden, ist die Anwendung von Maschinen zur Bereitung des Mörtels nicht allein in ökonomischer Hinsicht zu empfehlen, sondern sie liefern auch einen vorzüglichern Mörtel, als ihn bloße Handarbeit bringt; man muß

daher, auch wenn die Kosten gleich wären, den Maschinen stets den Vorzug geben.

Peronnet hat sich bei den Arbeiten an der Brücke zu Neuilly einer sehr einfachen Maschine bedient, die in einer Art von Egge mit hölzernen Zinken besteht, welche ein Pferd in einem Bassin, worin die Mischung der Substanzen befindlich, im Kreise bewegt. Man wechselte das Pferd alle zwei Stunden, und diese Zeit reichte hin, um ein Bassin voll zu Mörtel zu bearbeiten, der gegen 0,89 Cubikmeter betrug; so daß in einem Tagewerk von 12 Stunden mit zwei Pferden und zwei Mann 5,340 Cubikmeter Mörtel gefertigt werden konnten. Es ist bei dieser Maschine kein anderer Gewinn, als der einer etwas besseren Fabrication; auch ist sie wenig in Gebrauch gekommen.

§. 179. Bei den Brückenarbeiten von Bordeaux hat sich Dechamps derselben Maschine jedoch mit Abänderungen bedient, die sie vortheilhafter machen. Man hat die Eggenzinken durch 20 bis 25 eiserne Klingen ersetzt, die alle eine andere Form und Stellung haben und so die Mischung des Mörtels inniger machen; die einen schneiden und theilen die Masse, andere zermalmen oder stürzen sie. An den beiden Enden des Baumes sind zwei Bleche in Form von Schaufeln angebracht, welche die Mischung von dem Rande des Bassins nach der Mitte zuführen, wo sie von neuem dem Angriff der Klingen unterworfen werden. Der horizontale Baum, an dem die Klingen angebracht sind, hat 4 Meter Länge, und das aufgemauerte Bassin ist 20 Centim. (7½ Zoll) tief. Die Arbeit dieser Maschine geht weit rascher von Statten, als an der Maschine von Neuilly, ist daher wohlfeiler und der Mörtel wird besser gemischt und gemahlen.

Digitized by Google

§. 180. An derselben Brücke hat man sich auch der Trommelräder zu gleichem Zweck bedient, deren Mechanismus ebenfalls durch Pferde oder auch durch Wasserkraft bewegt ward. Der Radmantel hat gegen 2 Meter Durchmesser und 30 Centim. (11 Zoll) Breite. Dessen Wände werden aus schwachen Bretern gezimmert, und in dem Innern befindet sich ein eisernes Flügelrad, dessen Speichen an den Enden mit einer Platte von demselben Metall versehen sind, an welcher Klingen, Krücken und dergl. befindlich. Dieses innere Rad wird durch irgend eine Triebkraft in Bewegung gesetzt, und die Mischung durch eine in dem Mantel befindliche Oeffnung hineingeschüttet, und nach der Bearbeitung durch eine Schiebethür in dem Umfang des Mantels auf den Boden oder in untergesetzte Tragkübel abgelassen.

Die Erfahrung hat noch größere Ersparniß als bei der vorhergehenden Maschine erwiesen.

§. 181. In England benutzt man zur Bereitung des Mörtels bei großen Bauten ein großes Faß in Form eines gekürzten Kegels, Fig. 44, von ungefähr 1 Met. Durchmesser in der einen und 75 Centim. (2 Fuß 3 Zoll) in der andern Grundfläche und 1,50 Met. (4 Fuß 6 Zoll) Höhe. Dieses Faß ruht mit der größeren Fläche auf einem gezimmerten Gestell und ist oben offen. Unten und im Vordertheil des Fasses befinden sich kleine Thüren mit Schieber. In der Axenrichtung dreht sich eine eiserne Welle von 6 Centim. (15 Linien) im Quadrat, die unten in einer Pfanne und oben in einem Halsring läuft, der durch eiserne Strebebögen an die Wände des Fasses befestigt ist. Die Welle trägt in gewissen Abständen fünf eiserne Rechen mit 4 Zacken und 4 Messerklingen, die über's Kreuz darin befestigt sind. An dem oberen Ende der Welle ist ein Querbalken, 2,30 Met. lang, angebracht, an dem eine

Digitized by Google

Zugstange für ein Pferd angehängt ist, welches die Welle mit den Klingen in Umtrieb setzt.

Die zu mischenden Substanzen werden durch die obere Oeffnung in das Faß gegeben und nach geschehener Mischung durch die untere Thür in die untergesetzten Behältnisse abgelassen, in denen sie auf die Arbeitsplätze geschafft werden.

§. 182. Die von Saint-Léger angewandte Maschine, Fig. 46, ist gegen die beschriebenen in jedem Betracht vorzüglicher. Sie erspart an Zeit und Kosten, liefert bessern und eine größere Quantität Mörtel, ist dabei einfach und läßt sich in kleineren Räumen aufstellen. Diese Vorzüge bestimmten deren Anwendung bei dem großen Canal St. Martin zu Paris. Der Apparat ist in einem gemauerten, kreisrunden Becken thätig, in dessen Mitte ein ebenfalls aufgemauerter Kern steht; der Boden ist eine ringförmige Ebene, deren beide Wände sich nach oben erweitern, und die Achse mit der Welle gemein haben. Diese ringförmige Rinne kann daher betrachtet werden, als erzeugt durch ein senkrechtes Trapez, deren Ebene durch die Axe geht, und während sie 60 Centim. (23 Zoll) Breite im Boden, 1 Meter (3 Fuß) oberhalb und 40 Centim. (14 Zoll) Tiefe hat, ist der innere Rand 1,40 Meter (4 Fuß 3 Zoll) von der Mitte entfernt. In dem innern Blocke ist eine stehende hölzerne Welle, von 2 Meter (6 Fuß) Länge und 20 Centim. (7 Zoll) in's Gevierte, gegen 1,50 Meter (4 Fuß 6 Zoll) in die Mauerung eingesenkt. Diese Welle endigt sich oberhalb in einen Zapfen von 13 Centim. (4 Zoll 10 Lin.) Durchmesser und 15 Centim. (5 Fuß 7 Lin.) Höhe, den ein eiserner Halsring festhält. Dieser trägt seitwärts zwei horizontale Zapfen von 8 Centim. (3 Zoll) Durchmesser und 12 Centim. 4 Zoll Länge. Auf den beschriebenen Zapfen stecken eiserne Hülsen, welche an

zwei Holzstücken von 4,20 Meter (12 Fuß 8 Zoll) Länge dauerhaft befestigt sind. Jedes dieser Holzstücke dient einem Rade mit breiter Felge, von 1,80 Meter (5 Fuß 8 Zoll) Durchmesser und 15 Centim. (5 Zoll) Felgenbreite, zur Achse, und zwar steht das eine Rad 2 Meter, das andere 1,75 Met. (5 Fuß 4 Zoll) von der mittleren Welle ab. An dem Ende jedes Baumes wird ein Pferd angelegt, welche die Räder in der Rinne herumführen. An jeder Achse ist hinter dem Rade mittelst eines Charniers eine Art hölzerne, mit Eisen beschlagene Pflugschar angebracht, die der Bewegung der Achse folgt, indem sie an den Wänden der Rinne streicht und die Mischung unter die Räder bringt. Diese Scharen, deren unteres Ende 5 Centim. (2 Zoll) von dem Boden der Rinne absteht, sind durch Charniere befestigt, damit sie sich heben können, wenn ihnen ein Hinderniß aufstößt; eben deßhalb haben die Achsen an der Verticalwelle eine Drehbewegung mittelst der Büchsen, welche an den horizontalen Zapfen stecken. Dadurch können die Räder während ihres Umganges sich von dem Boden erheben und senken und über vorkommende Hindernisse weggehen, ohne daß der Gang der Maschine gestört wird. Die Zeichnung wird das Uebrige erläutern.

Die Mörtelbereitung geschieht, daß man einen Cubikmeter Kalkteig, wo nöthig, mit einem geringen Wasserzusatz, in die Rinne giebt und die Maschine in Gang setzt. Nachdem der Kalk in eine flüssige, völlig gleichartige Brühe verwandelt ist, wirft man mit der Schaufel Sand hinzu, (und zwar setzte man bei'm Canal St. Martin auf 1 Cubikmeter künstlichen hydr. Kalk 3 Cubikmeter Sand zu), ohne die Bewegung zu hemmen. Nach 20 bis 25 Minuten ist die Mischung beendet, und der Mörtel wird sofort verwendet.

Digitized by Google

Man räumt die Rinne mit der Schaufel und bereitet eine zweite Rinne voll; es lassen sich mit dieser Maschine 12 Rinneninhalte von 3 Cubikmet. in 10 vollen Arbeitsstunden fertigen; dabei werden 4 Handlanger, 2 Pferde mit Führer und 1 Maurer zur Leitung der Arbeit angestellt.

Die Güte des so bereiteten Mörtels ist um Vieles besser, als des, wie gewöhnlich bereiteten. Anstatt der Pferde kann jedes andere Motor angebracht werden.

§. 183. Maschine zu Béton von Krantz. Man hat versucht, den Béton mittelst rotirender Tonnen zu bereiten; diese Bemühungen sind jedoch bis auf einen gewissen Punct mißglückt. Ein anderes System ist durch den Ingenieur Krantz versucht worden, welches vielleicht durch Merkwürdigkeit alle andern übertrifft. Dessen Maschine (Couloir à béton) besteht, wie die Figuren 47, 48, 49 zeigen, aus einem rechtwinkeligen Kasten von gespundeten Bohlen, worin eine Reihe geneigter Ebenen in entgegengesetzter Richtung befestigt sind.

Der zerkleinte Stein und der Mörtel werden untereinander zu der oberen Oeffnung in den Kasten geworfen, springen im Fallen von einer Scheidung zur andern und führen den Béton vollkommen gemischt zu der unteren Oeffnung heraus.

§. 184. Maschine zum Zerreiben und Mischen, von Leprince. Dieser hat im Jahr 1842 ein Patent auf nachbeschriebene Maschine zum Zermalmen, Mengen und Reiben der zur Fabrication hydraulischen Kalks geeigneten Substanzen und Bereitung der Mörtel und Cemente erhalten. (Fig. 55).

Die Maschine ist zusammengesetzt aus einer zwölfeckigen Scheibe von Eisen oder Guß, die auf der ganzen obern Fläche mit einer mindern oder

größern Anzahl vierkantiger Pyramiden und demnächst mit kleinen runden Löchern besetzt ist, deren Durchmesser willkürlich genommen wird, oder mit radial gestellten Hauschlägen, zwischen denen der ganzen Länge nach Oeffnungen sind, die sich nach unten erweitern, damit das Mehl sie nicht verstopfen könne.

Das zwölfkantige Gehäuse mit dergleichen Boden kann leicht mit Hülfe eiserner Reifen, die auf einer Seite mit einem Schraubenbolzen, Fig. 61, auf der andern mit einem Scharnir und Stift versehen sind, wodurch die einzelnen Dauben zusammengehalten sind, abgenommen werden.

In dem Mittelpuncte der Scheibe erhebt sich eine Welle f, Fig. 55, senkrecht, die, von Quadrateisen, am unteren Ende einen Zapfen hat, der in einer Pfanne läuft, welche in einem starken Holzstück eingelassen ist, am oberen Ende aber sich in Halsbändern, Fig. 58, dreht, die mit ihren Enden an Holzstücke r, r', r'' gebolzt sind.

Am unteren Theile der Welle steckt ein sechskantiges Stück Eisen, in dem drei eiserne Prismen in horizontaler Lage fest sind; das Stück selbst wird durch eine Calotte unterstützt und die Prismen haben die Verrichtung, die harten Stoffe stufenweise zu zermalmen, die sie treffen.

Ueber den dreikantigen Prismen i, i, i sind an der Welle f ungefähr 12 oder 15 horizontale Klingen l, l, Fig. 66, angebracht, deren Abstand sich nach der Art der Stoffe richten muß, die der Wirkung der Maschine unterworfen werden; ihre Bestimmung ist, vorläufig die Materien zu zerkleinen, auf welche die Prismen i, i, i wirken sollen. Ferner befinden sich auf diesen Klingen noch andere kleine senkrecht und schräg stehende.

An den Seiten m, m, m des Sechsecks sind desgleichen drei eiserne gebogene Klingen, Fig. 67

Digitized by Google

festgeschraubt, welche beim Drehen die Masse zusammenstreichen und zwingen, durch die runden Oeffnungen n, n zu gehen, welche an den Enden des Scheibendurchmessers angebracht sind. Durch die von den Klingen geübte Pressung geht zu gleicher Zeit der Stoff durch die Oeffnungen des Bodens.

An dem oberen Ende der Welle ist ein horizontales conisches Rad angesteckt, in welches ein anderes verticales Winkelrad greift, durch dessen Mitte ein Rundbaum (levier) geht, der an beiden Enden mit Kurbeln versehen ist; desgleichen befinden sich nach den Enden hin zwei Schwungräder, um eine gleichförmige Bewegung zu vermitteln.

Die ganze Maschine wird unterhalb durch zwei starke horizontale und parallele Schwellen q, q getragen, auf welchen vier Säulen z, z verzapft sind, womit die Maschine solid gestützt wird. In diese sind 3 Querriegel r, r', r'' gebunden, deren zwei r', r'' in ihrer Mitte den Rundbaum tragen.

Nach vorn und über dem Mantel befindet sich ein hölzerner Trichter s, dessen nach dem Mantel gekehrte Seite t ein starkes Eisengitter ist, damit die zu groben Stücke nicht mit in die Maschine fallen; in diesen Trichter werden die zu mahlenden Substanzen geworfen.

An der unteren Seite des Bodens, unter den runden Oeffnungen bringt man eine Abfallröhre an, aus welcher die präparirten Stoffe in untergesetzte Gefäße fallen.

Später ist noch auf einige Verbesserungen ein Patent genommen worden.

Anstatt der radialen Hauschläge der zwölfeckigen Scheibe hat Leprince Curven gesetzt, Fig. 57. Im Centrum des Holzstücks unter der Scheibe ist eine Schraube angebracht, wodurch die Verticalwelle gehoben und gesenkt werden kann, um den Abstand der

prismatischen Stücke von der Scheibe zu regeln Fig. 60.

Die Verticalwelle ist dauerhafter in einen Langbaum befestigt, an dessen Enden Pferde angelegt werden, Fig. 64. Zwei starke eiserne Platten x, x, x, x und zwei gekröpfte Schienen stützen die Welle weit sicherer während der Umdrehung, indeß sie nach der vorigen Einrichtung oft brach.

Fig. 64. Art der Anspannung der Pferde.

Fig. 58 ringförmige Pfanne, womit die erstere vertauscht worden.

Fig. 62 eine andere Form von Klingen, in die Maschine einzusetzen, deren Wirkung auf das Zerkleinern der Stoffe viel stärker ist.

Fig. 63 messerartige Klingen, wovon die Hälfte an den Mantel, die andere Häfte an die Welle geschraubt wird. Ein solches System eignet sich vorzüglich für weiche Stoffe, wie Thon ꝛc.

Fig. 63a Cylinder, worauf die Stellschraube befindlich; er endet in einen Zapfen, der in den Mittelpunct des untern Wellendes eintritt.

Fig. 65 Modification, um die Maschine durch Menschenkraft leicht beweglich zu machen.

Bei der Anwendung der Maschine zur Bétonbereitung ist der Mantel von Gußeisen, wie die Scheibe, nur ist er weniger hoch; die Art des Mischens ist dieselbe, wie bei'm Mörtel. Man bringt jedoch nach den horizontalen Klingen hakenförmige, Fig. 65, an, um die kleinen Geschiebe zu fassen.

Die dreizackigen Klingen, Fig 62, werden zur Seite der Hakenklingen gestellt.

Unter der Scheibe läßt eine viereckige Oeffnung, durch eine Klappe verschlossen, die sich von oben nach unten öffnet, den fertig gemischten Béton herausfallen.

Digitized by Google

Ein Gefäß mit Waſſer kann, wie bereits geſagt, oder über die Mitte der verticalen Welle geſtellt werden, ſo daß es dieſe über dem Langbaume umgreift.

§. 185. Göpelmühle oder Knetmaſchine. Die Maſchine, mit welcher man die Miſchung der Materialien zum künſtlichen hydrauliſchen Kalk bewirkt, iſt derjenigen ähnlich, die man zur Fabrication von Mörtel bei umfaſſenden Bauten anwendet.

Dieſe Maſchine hat drei Räder von 1,8 Meter Durchmeſſer, analog den Wagenrädern, deren Randbreite bei dem einen 0,15 Met., bei jedem der beiden andern 0,1 Met. iſt. Dieſe Räder rotiren in einem kreisrunden Troge, deſſen Querdurchſchnitt ein Kreisſegment iſt; das erſte, breiteſte Rad folgt der Mitte des Trogs, die beiden andern dem innern und dem äußern Rande jenes Gleiſes, wobei ſie um 0,02 bis 0,03 Met. in das Gleis des erſten greifen. Der Trog, der 1,15 Met. innern Durchmeſſer, 1 Met. Breite und 0,38 Met. Tiefe hat, iſt mit Granitplatten oder gegoſſenen Eiſenplatten ausgelegt. Die Scheiben in dem Troge können ſich etwas heben oder ſenken, mit Hülfe zweier Oeſen, durch die ein Zapfen tritt und die an beide Seitenflächen der Achſen befeſtigt ſind.

Das ganze Syſtem dreht ſich um einen ſenkrechten Zapfen, der an dem oberen Theil eines hölzernen, feſt in der Erde gehaltenen Baumes befeſtigt iſt. Ein der Curve des Querſchnitts angepaßter Schaber ſtreicht in ſeiner Bewegung die an dem Rande angeſetzte Maſſe ab und iſt ſo eingerichtet, daß er ſich frei heben und ſenken kann, je nach der Füllung des Troges.

Die Maſchine wird von zwei Pferden bewegt, deren Rundbahn 4,45 Met. Halbmeſſer hat. Bei geringerem Bedarf braucht man nur zwei Räder an-

Digitized by Google

zubringen und die Breite des Troges zu vermindern; es reicht dann ein Pferd aus. Das mittelste breitere Rad ist an einem Arme der Maschine befestigt, die beiden andern an Querarmen, so daß die Felgen der drei Räder etwas hintereinander, die Achsen der kleineren aber um weniger als der Summe der Radien auseinander liegen. Wenn der Kalkstein zermalmt und in Brei verwandelt, und das Wasser und der Kalk in dem Troge gleichmäßig angerührt ist, schüttet man die nöthige Quantität Thon zu und setzt die Bewegung der Maschine so lange fort, bis die Masse eine ganz gleichförmige geworden. Man läßt dann den Brei durch eine Schutzöffnung in eine nahe Grube ab, die 0,60 bis 0,80 Met. tief sein muß; aus dieser aber, wo das Grobe sich zu Boden setzt, in eine zweite, worin man sie eine Consistenz annehmen läßt, die deren Formung in kugelige Ballen gestattet, welche dann vor dem Brennen an der Luft getrocknet werden.

§. 186. Die excentrische Mühle des Bogardus. Diese nach einem ganz neuen Princip construirte Mühle leistet neben der Mehlproduction vortreffliche Dienste zum Mahlen von Erzen, Kiesel und Quarz, Kohle, Kalk und Gyps und dergleichen. Ihre wesentlichsten Bestandtheile sind zwei horizontal liegende Scheiben von weichem grauem Gußeisen, die sich nach derselben Richtung und mit fast gleicher Geschwindigkeit um zwei verschiedene, einen oder mehre Zolle voneinander entfernte, Mittelpuncte drehen.

Die in die Scheiben eingeschnittenen Kreise wirken gleich rotirenden, nach allen Seiten hin schneidenden Scheeren und bewirken ein eigenthümliches Zerschneiden und Zermalmen. Diese excentrischen Mühlen sind in Beziehung auf die zu ihrer Bewegung erforderliche Triebkraft sehr ökonomisch, im Ver-

Digitized by Google

hältniß ihrer Leistungen wenig kostbar; sie sind tragbar und leicht zu adjustiren, ihre Abnutzung ist gering.

Von den beiden Scheiben erhält nur die eine ihre Bewegung von dem Motor selbst, indem sie an einer stehenden Welle sitzt, an der eine Riemenrolle angebracht ist; die andere rotirt allein durch Friction mit der ersten Scheibe, welche namentlich durch das zwischenliegende Material hervorgebracht wird.

Das Eintragen der zu vermahlenden Substanz geschieht durch eine Oeffnung, das Auge, der oberen Mahlscheibe, die deßhalb mit einem hohlen Halse statt einer Spindel versehen ist, der in einem passenden Lager sich dreht.

Die Oberflächen der Scheiben bestimmen sich nach den zu mahlenden Substanzen. Zum Reiben der Farben sind sie glatt; die zu Fruchtkörnern bestehen aus flachen und feingefalteten Eisenblechstreifen, welche spiralförmig gewunden, in einer Büchse abwechselnd eingelegt und mit Gyps eingegossen sind. Sie erfordern kein Schärfen.

Die Scheiben zum Mahlen von gröberen vegetabilen Substanzen sind spiralförmig gefurcht. Bei der Zerkleinerung steiniger und erziger Körper finden ebenfalls spiralförmige Furchen Statt, um den Stein- und Erzstücken, welche aus dem Trichter in das Auge fallen, das Eintreten in die Mahlscheiben möglich zu machen. Im Verticalschnitt erscheinen diese Furchen stumpf gezahnt.

Die Schärfen der Zähne sind vom Mittelpuncte gegen den äußern Rand symmetrisch geordnet, und die inneren Zähne tiefer und größer als die äußeren. An der Peripherie verlaufen sich die Furchen in einen flachen Rand von 2 Zoll Breite, zwischen welchen die bereits zermalmten Substanzen vor ihrem Austritte in den Rumpf, der in Folge der Centrifugalkraft geschieht, gelangen. Durch die Friction

erfolgt, wie gesagt, die Uebertragung der Bewegung an die obere Scheibe, die dadurch befördert wird, daß die Spiralgänge sich nach entgegengesetzten Richtungen winden, wenn sie übereinander liegen.

Den Vorgang des Zerdrückens kann man sich leicht erklären, er findet bei beiden Scheiben von der Mitte aus Statt.

Man kann nicht umhin, diesen sinnreichen, dabei einfachen Mechanismus zu bewundern, eines Theils wegen der durch die Excentricität der Mahlscheiben hervorgebrachten eigenthümlichen Bewegung, andererseits wegen der besonderen Construction der Mahlscheiben, wodurch selbst Stücke von 2 bis 3 Zoll im Durchmesser zwischen sie eintreten können und zertrümmert werden. Die Scheiben lassen sich durch eine Schraube enger oder weiter stellen.

Die Anzahl der Umläufe kann willkürlich geordnet werden, je nachdem man den Mittelmechanismus construirt, und kann 200 bis 400 pr. Minute betragen.

Zu der Manipulation mit der Mühle gehört noch ein Siebapparat, welcher aus zwei in einem Rahmen über einander liegenden Sieben, die durch ein einzahniges Schlagrädchen an der Mühlspindel erschüttert werden, bestehen kann. Leidet es die Art der Substanz, so kann ein fortfließender Wasserstrahl auf die Siebe geleitet werden, der das durchfallende Mehl zugleich durch Rinnen in die Behälter abführt; auch kann man einen feinen Wasserstrahl in das Auge richten, um das lästige Stauben zu verhindern; oder es läßt sich, nach Umständen, durch mehren Zufluß von Wasser die Substanz zu einem dünnen Brei vermahlen.

Vor dem Aufgeben auf die Mühle muß die Substanz in 2 Zoll große Stücke zerkleinert werden,

Digitized by Google

wenn sie hart ist; bei weicherer Substanz können wohl 3zöllige Stücke untermischt sein.

Ein Uebelstand ist die Abnutzung der Scheiben, welche bei harten Erzen schon in 12 Stunden eintreten kann, so daß das Mahlen nicht, wohl aber das Feinmahlen damit versagt. Die Abnutzung beginnt mit dem äußern flachen Rande, geht in allmählige Abrundung der Rippen, bis zum gänzlichen Verschwinden aller Furchen an einzelnen Stellen über. Man kann nach Erfahrungen annehmen, daß

zum Grobschroten von 1000 Cub. Fuß Bleiglanz beinahe 5 Paar Scheiben,
zum Grobschroten von Pocherzen . . . „ 26 „ „
zum Grobschroten von Kalkstein . . . „ 5 „ „
zum Feinschroten von Pocherzgraupen . . „ 26 „ „

erforderlich sind, wovon das Paar gegen 152 Pfund wiegt und nicht unter 16 Gulden anzuschaffen ist.*)

Giebt man nicht zu große Stücke auf die Mühle, so möchte der Verbrauch sich wohl etwas vermindern; jedenfalls muß man sich mit einem verhältnißmäßigen Vorrath von Scheiben versehen.

Beim Mahlen von Kohlen, Thon ꝛc. wird man auf 1000 Cub. Fuß mit einem Paar Scheiben auslangen. 5000 Cubikfuß dergleichen würden 4 bis 5 Paar Scheiben erfordern und können in 20 bis 25 Tagewerken zu 10 Arbeitsstunden gemahlen werden.

In der chemischen Fabrik von G. Egestorf zu Hannover benutzt man eine excentrische Mühle von 23 Zoll Durchmesser der Mahlscheiben bereits seit

*) Nach andern Angaben soll die Abnutzung der Scheiben weit geringer sein; jedenfalls kommt dabei vieles auf die Art des Gußeisens an.

Digitized by Google

längerer Zeit mit dem besten Erfolge zum Mahlen des rohen Gypssteins zum feinsten Mehl. Mit Anwendung einer Betriebskraft von 2½ Pferdekraft wird in Zeit von einer Stunde 500 Pfund Gyps vermahlen.

In derselben Maschinenanstalt werden excentrische Mühlen zu nachstehenden Scheibendurchmessern und Preisen gefertigt:

von 11 Zoll Durchmesser zu 120 Thlr.
„ 13½ „ „ „ 230 „
„ 23 „ „ „ 400 „

Sie werden ebenfalls angefertigt auf den Eisenwerken zu Pleß in Böhmen und sind zu beziehen durch die Eisenhandlung Stricker in Wien.

Der Flächenraum, den diese Mühlen einnehmen, ist etwa 3 bis 4 Quadratfuß, die Höhe 3 bis 5 Fuß. Die größern mit 26zölligen Mahlplatten brachten mit 300 Umdrehungen in der Minute 1 Wiener Centner eigroße Glas-, Kies-, Granitstücke ꝛc. in 4 Minuten zu der Feinheit gewöhnlichen Streusandes; 6 Centner gebrannte Knochen wurden in 90 Minuten zum feinsten Mehl gemahlen.

Weder die Mahlplatten noch das Product erleiden dabei einige Erwärmung.

§. 187. Mörtelbereitungs-Maschine von Björtfield. Diese Maschine besteht aus einem Cylinder von starken Dielen, an dessen beiden Böden die beiden zur Befestigung der Zugstange nothwendigen Achsenzapfen mit Schrauben angebracht sind. An den äußern Kanten derselben sind 6 Zoll hohe, mit starken Radreifen beschlagene Scheiben. In der Mitte des Cylinders ist eine zur Füllung und Entleerung hinlänglich große Oeffnung, welche an dem einen gut schließenden Deckel angebracht ist.

Zur vollständigen Vermengung und gehörigen Bearbeitung der Mörtelbestandtheile, die in beliebiger

Digitized by Google

Menge in das Gefäß gebracht werden, sind 6 Stück 24pfünder und 6 Stück 12pfünder Kanonenkugeln beizugeben, welche durch die Bewegung des Cylinders die ganze Masse zu einem gleichartigen Brei gehörig verarbeiten.

Gewöhnlich wurden in Gothenburg $1\frac{1}{2}$ schwedische Tonnen ($6\frac{1}{4}$ bayerische Metzen) Kalk und Sand sammt hinreichender Menge Wassers in den Cylinder gebracht und 15 bis 20 Minuten lang gefahren, worauf der Mörtel vollkommen fein und plastisch war, so daß man keine Kalkkörner mehr darin wahrnehmen konnte.

Diese Maschine, welche in $\frac{1}{12}$ wirklicher Größe Fig. 68, 69 und 70 dargestellt ist, lieferte täglich Mörtel für 9 Arbeiter und konnte oft auf einen halben Tag vorarbeiten.

Die Dimensionen dieser Mörtelmaschine sind 4 Fuß 3 Zoll Länge und $3\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser. Die Scheiben haben 6 Zoll Höhe und Oeffnung, 2 Fuß Länge und $3\frac{1}{2}$ Fuß Breite.

Erklärung der Zeichnungen.

A. Cylinder.
B. Rahmen für die Zugstangen.
C. Eingußöffnung.
D. Achsenzapfen.
E. Die Bodentheile.
F. Die Zugstangen.
G. Kugeln.
H. Deckelbeschläge.

Neuntes Capitel.

Von der Fabrication künstlicher Steine.

§. 188. Fabrication künstlicher Bausteine. Die künstlichen Bausteine empfehlen sich namentlich wegen ihrer Leichtigkeit und Wohlfeilheit sehr, weßhalb sie auch bereits viel benutzt werden. Folgende Vorschrift rührt von einem Fabricanten her, der dergleichen in großer Quantität liefert.

Der hydraulische Kalk wird in einem Korbe von ungefähr ⅛ Tonne Inhalt durch Eintauchen gelöscht; man schüttet ihn sofort aus und bedeckt ihn mit einem eisernen Kessel, welcher etwa 12 Eimer faßt.

Den Rand desselben auf dem Fußboden umschüttet man mit Asche, damit der Luftzutritt abgesperrt werde, und läßt den Kalk so verdeckt 12 Stunden stehen, nach welcher Zeit er in ein feines Pulver verwandelt und zur Fabrication der Steine geschickt ist.

Man rührt nun diesen Kalk mit Wasser zu einem dünnen Brei und setzt 2½ Theile Kies und ½ Gewichtstheil Asche von Steinkohlen, Torf oder ausgelaugte Holzasche zu. Nachdem diese Masse zu einem gleichmäßigen Ganzen durchgearbeitet worden, rührt man noch so viel Wasser zu, daß die ganze verwendete Wassermenge vier Theile beträgt und gießt sie in Formen, worin sie bald erhärtet.

§. 189. Eine noch leichtere Sorte künstlicher Steine wird erhalten, wenn man der Masse gemah-

Digitized by Google

lene Muschel- oder Austerschalen ꝛc. zusetzt. Man fertigt sie dann aus:

1½ Theil hydraulischem Kalk
2½ „ „ Muschelmehl,
1½ „ Asche von Torf ꝛc. und
5 „ Wasser.

Die Gußformen sind aus tannenen Bretern; man macht den Boden 6 bis 7 Fuß lang, die Seitenstücke gegen 5½ Zoll hoch. Durch eingeschobene Seitenstücke, die durch Querriegel mittelst Keilen zusammengehalten werden, wird die Form in 6 Abtheilungen getheilt. In kurzer Zeit nach dem Füllen werden die Keile der Querriegel gelöst, die Seitenstücke hinweggenommen und die Steine auf dem Boden der Form so lange liegen gelassen, bis sie lufttrocken unter einen Schuppen auf Gerüste gelegt werden können, um daselbst im Schatten vollends auszutrocknen.

§. 190. Künstliche Steine aus Kalkmörtel mit Sand, oder aus Kalk und andern Substanzen. Die folgenden Zusammensetzungen sind im Verlaufe mehrer Jahre unter verschiedenen Umständen angewandt worden und haben gleich befriedigende Resultate gegeben.

Die vier nachstehenden hat de la Faye angegeben.

1) Man mische trocken ein Maß an der Luft zerfallenen Kalk und 3 Maß gesiebtes Steinpulver und gebe so viel Wasser zu, als zum Kneten dieser Mischung erforderlich ist. Die Masse muß tüchtig durchknetet werden.

2) Mische ein Maß Grubensand, der fein und trocken und weder thonig noch lettig ist; ein Maß gepülverten und gesiebten Stein und ein Maß trocken zerfallenen Kalk. Man gebe so viel Wasser zu, als nöthig zu einer formbaren Masse ist, und knete sie tüchtig durch.

Digitized by Google

3) Fünf Theile guten, rauhen und scharfen Sand, 2 Theile frisch gebrannten, zerfallenen, trockenen Kalk, wozu man nur soviel Wasser setzt, daß ein fetter, nicht flüssiger Teig entsteht, der in Formen gepreßt wird.

4) Man menge einen Theil trockenen, in Pulver gebrachten und mit Oel angefeuchteten Letten; 8 Theile gesiebtes Steinpulver oder Grubensand, wohl auch eine Mischung von beiden, und 2 frisch gebrannten Kalk; netze den Sand an und lasse ihn wie flüssigen Mörtel reiben, setze dann den kleingepochten Kalk zu und menge ihn mit der geriebenen Masse, so daß diese von dem Kalk verdeckt wird. Nach Maßgabe als derselbe sich löscht, knetet man ihn mit der Kelle oder einer Reibekeule, nöthigenfalls unter Zusatz von etwas Wasser, durch. Sobald die Mischung vollkommen geschehen, setzt man, während sie noch heiß ist, den mit Oel benetzten Letten zu und läßt die Masse tüchtig durch Schlagen bearbeiten. Man muß sie sofort verwenden, weil sie sehr schnell bindet, und unlösbar in Wasser wird.

Die geformten Steine dürfen nur langsam, geschützt gegen Wind und Sonne, trocknen; ein zu schnelles Trocknen hindert ihr Verhärten im Innern und die Regeneration des kohlensauren Kalks.

Die Keller und Souterrains, überhaupt alle Räume, die unter der Bodenoberfläche liegen, sind besonders vortheilhaft zu Wiedererzeugung des kohlensauren Kalks, da sie eine große Menge Kohlensäure enthalten, die das Erhärten des Steins um so mehr bewirkt, als er länger im feuchten Zustande bleibt.

In Ermangelung von Souterrains lassen sich auch die Räume des Erdgeschosses benutzen, die nach Norden liegen.

Auch kann man die geformten Steine auf feuchten Sand betten, um das langsamere Austrocknen

der Masse zu bewirken, was so wesentlich zur Festigkeit dieser Formwaare beiträgt.

Sie können zu jeder Jahreszeit fabricirt werden, nur darf Hitze und Frost nicht auf sie einwirken, bevor sie vollkommen erhärtet sind.

Ein sicheres Kennzeichen ihrer Güte, und was zugleich anzeigt, daß das Trocknen nicht übereilt worden, ist, wenn nach einigen Tagen nach dem Streichen auf der Oberfläche ein zuweilen bedeutendes Schwitzen bemerkbar wird, welches niemals Statt findet, wenn die Steine einer zu austrocknenden Luft ausgesetzt waren. In diesem Fall ist es gut, wenn man die Steine täglich ein- oder zweimal besprengt.

§. 191. De la Faye erzählt in seinen „Untersuchungen über Mörtel," daß in Alessandria (Piemont) Formsteine gefertigt werden, denen man den Namen „Prismen" beilegt, und die vorzüglich zu den Ecken und Winkeln von Mauern gebraucht werden; sie erhalten die Gestalt von dreieckigen Prismen.

Zu der Masse dieser Steine nimmt man einen vortrefflichen hydraulischen Kalk aus der Gegend von Casale, der wie gewöhnlich gelöscht wird. Nach 5 bis 6 Tagen, nachdem er eingesumpft ist, schüttet man ihn in die Mitte einer Grube, worin Sand von ungleicher Größe, von dem ordinären Korn bis zum groben Kies, befindlich. Dieser Sand ist ausgezeichnet quarzig und hält einige Kalktheile. Man macht dann die Mischung, wobei mit vieler Sorgfalt verfahren wird. Hierauf richtet man einen prismatischen Graben von beliebiger Länge in einem wagerechten Boden vor, der gegen Wasserandrang geschützt ist, und glättet die Wände mit Wasser und der Kelle. Hierin formt man das Prisma durch mehre Lagen, während man in den Mörtel Kiesel von gleicher Größe, regelmäßig einstreut, und bedeckt dann das Prisma mit einer Erdschicht von 50 Centim. Dicke,

Digitized by Google

Das Verhältniß ist auf 1 Cub. Meter 0,14 Kalkteig, 0,90 gemischten Sand und 0,20 Kiesel. Man giebt den Prismen 1,40 Meter Länge auf 0,8 Seitenlänge. Sie bleiben gewöhnlich drei Jahre lang verschüttet, jedoch genügen zwei, wenn der Kalk von erster Qualität ist; nach dieser Zeit gräbt man sie zum Gebrauch aus. Sie vermögen dann großer Belastung zu widerstehen und werden oft 6 bis 7 Meter hoch auf einander gethürmt; wobei sich wohl die Kanten abstoßen können, die Steine selbst aber nicht brechen.

§. 192. Es ist überhaupt leicht, künstliche Steine mit allen Arten von Mörtel zu formen, besonders wenn sie nicht groß sind; haben sie aber große Dimensionen, so muß ein natürlicher oder künstlicher Kalk dazu genommen werden, der die Eigenschaft leicht und schnell zu erhärten besitzt, ohne bemerklich zu schwinden, und der dann auch leicht erhärtende Steine erzeugt. Man kann ihn beliebig mit Pulver von kohlensaurem Kalk, Marmorabfällen oder von andern Bruchsteinen, selbst mit Sand, vermengen.

Das dabei zu befolgende Verfahren richtet sich insbesondere nach der Eigenschaft des Kalks, sowie der Substanzen, die man beimischt. Wenn sie schnell binden, wie der Plâtre-Cement von Boulogne, der englische Roman-Cement, darf die Masse weder geschlagen noch gepreßt werden, weil dadurch nicht allein die Bindung gestört, sondern auch die bereits festgewordenen Theile auseinander gerissen werden würden. Uebrigens ist die langsame Austrocknung auf die beschriebene Weise stets zu berücksichtigen.

§. 193. Composition zu architectonischen Verzierungen von Chabert. Sie besteht aus 12 Theilen Leim, 1 Theil Gallerte (Gelatine?), 4 Theilen Bleiglätte, 8 Theilen Spanischweiß, 1 Theil Sägespänen und 10 Theilen Gyps. Der

Digitized by Google

Leim wird zuerst in einem Gefäß geschmolzen, dann über die in einem andern Gefäße befindliche Bleiglätte geschüttet und damit vermischt; hierauf setzt man das Spanischweiß (Kreide) und die Sägespäne zu und mengt wieder gut. Wenn die Composition eine Farbe erhalten soll, mischt man auch diese bei. Endlich vermischt man den Gyps mit der obigen Mischung und rührt wohl um. Nachdem die Formen mit Oel ausgestrichen, gießt und drückt man die Masse hinein. Nach Verlauf von 5 Minuten kann man sie aus der Form nehmen und dem Gegenstande die nöthige Vollendung geben.

§. 194. Wilson's künstliche Steinmassen zu Platten, Fließen, Camineinfassungen und dergl. Man nehme 2 Boisseaux (= $\frac{1}{4}$ Hectoliter = 7,3 preuß. Metzen) Flußsand und 1 Boisseau ($\frac{1}{8}$ Hectol. oder 3,6 pr. Metzen) lebendigen pulverisirten und gesiebten Kalk; mische es mit hinreichendem Wasser und knete es drei oder 4 Tage lang jedesmal eine halbe Stunde, jedoch ohne Wasserzuthat.

Hierauf mischt man zu 2 Gallons (8 Pints oder gegen 8 preuß. Quart) Wasser 1 Pint (nahe 4 preuß. Quart) zerlassenen Leim und $\frac{1}{4}$ Pfund Alaun, in heißem Wasser gelöst.

Um diesen Mastic zu bereiten, nimmt man einige Schaufeln voll der Mischung von Kalk und Sand, bildet in der Mitte eine Vertiefung, in welche man $\frac{3}{4}$ Pints ($\frac{3}{8}$ pr. Quart) Leim- und Alaunlösung gießt und noch 3 bis 4 Livres (3,18—4,24 pr. Pfund) Gyps hinzufügt. Die Mischung wird gut gerieben und geknetet, bis sie eine dichte Masse bildet.

Diese Masse drückt man in hölzerne Formen, die auseinander genommen werden können, und die man mit einer Mischung von 1 Theil Leinöl und 1 Theil Kalkwasser ausstreicht.

Bei dem Formen von Gesimsstücken und andern größern Gegenständen füllt man die Form halbvoll mit der gedachten Masse, legt dann der Länge nach starken Eisendrath und Hanffasern ein, drückt die Form voll und bringt einen Deckel darauf.

Man stellt sie nun unter eine starke Schraubenpresse, worin sie 20 bis 30 Minuten oder bis zur nöthigen Erhärtung der Masse bleibt. Hierbei ist nöthig, daß man die Form mit eisernen Reifen umgebe, die durch Vorsteckkeile zusammengehalten werden.

Nach dem Trocknen werden die von der Form befreiten Gegenstände mit Alaunwasser eingerieben und mit einer Kelle geglättet, auf die man etwas dünnen Gyps genommen hat.

Zehntes Capitel.

Von dem Stucco oder künstlichen Marmor.

Man hat den Namen Stucco, Stuck, einer Art künstlichen Steins gegeben, der den Marmor nachahmt.

Die Bestandtheile sind gewöhnlich Kalkmörtel, und Pulver von Kalkstein, Kreide oder Gyps, die man mit andern Substanzen vermischt, welche ihnen Färbung und Politfähigkeit mittheilen, damit er in geeigneten Fällen kostbare Marmorarten ersetzen könne.

In der schönen Architectur braucht man ihn gewöhnlich zur Bekleidung von Gesimsen, Basreliefs

und ähnlichen Dingen. Er läßt sich wohl auch zu Bekleidung äußerer, der Luft und Feuchtigkeit ausgesetzten Flächen benutzen, jedoch muß man dann Materialien dazu verwenden, die weniger dem Angriff der Nässe unterliegen. Der Stucco dient auch zu Anfertigung von Tischplatten, Caminen und dergleichen. Ueber die Zusammensetzung des Stucco können keine positiven Vorschriften gegeben werden, weil sie von der Natur des Kalks und der andern Beimischung abhängig ist. Im Allgemeinen muß man ins Auge fassen, eine Mischung zu finden, die einen hohen Grad von Härte und von Polirfähigkeit hat. Zu Erreichung dieses Zweckes müssen die anzuwendenden Substanzen sehr fein sein und leicht erhärten. Hierin liegt ein Unterschied von andern künstlichen Steinmassen und gewöhnlichem Putz, die mit weniger feinen Mörteln ausgeführt werden können und nicht schnell zu erhärten brauchen.

§. 196. Von den zu Stucco geeigneten Materialien. Die Kalkarten, die am geeignetsten zu dergleichen Compositionen sind, hat man jedenfalls unter denjenigen zu suchen, die sehr schnell erhärten, wie die Cemente von Boulogne u. a. Das Pulver aus den Abfällen des carrarischen Marmors giebt die schönsten Stuccs, weil dieser am weißesten und glänzendsten ist; in dessen Ermangelung läßt sich auch anderer weißer Marmor benutzen. Andere harte, weiße und feinkörnige Steine sind ebenfalls dazu tauglich.

Auch von schwefelsauren Kalken größerer Reinheit, wie Alabaster, Spathe u. a., kann man zu Fertigung des Stucco's Gebrauch machen. Man erhält damit einen vorzüglich feinen Stucc, kann ihn aber nur anwenden, wo von Feuchtigkeit nichts zu fürchten ist. Er wird vorzugsweise in dem Innern von Gebäuden gebraucht.

Digitized by Google

Dann ist es vorzüglich die Härte, auf die man Bedacht zu nehmen hat; diese wird aber weniger von der Beschaffenheit des rohen Gypses, mehr durch die Art und Stärke des Brennens abhängig. Worüber feste Bestimmungen bei der Verschiedenheit der Gypssteine sich nicht geben lassen, das Nöthige auch bereits im 14ten Capitel verhandelt worden ist.

Auch hier muß man sich durch Versuche Sicherheit zu verschaffen suchen; die nicht oft genug empfohlen werden können, sobald es sich um Materialien handelt, die so verschiedenartig in den Bestandtheilen der Rohstoffe sind, wie Mineralien.

§. 197. Von den zur Färbung des Stucco's geeigneten Farben. Zur Färbung der Stuccos, um sie marmorähnlich zu machen, benutzt man Farbenerden oder die Farbstoffe, deren man sich in der Frescomalerei bedient. Die gebrannten Thonerden, die Metalloxyde sind dazu vortrefflich, weil sie haltbare Farbentöne geben und dabei noch das Binden des Mörtels befördern; vegetabile Farben sind im Allgemeinen nur mit Vorsicht anzuwenden.

Roth und Gelb geben die Bleioxyde, die gerösteten und gebrannten Ocker.

Blaßgelb erhält man durch Brennen des gelben Ockers in einer Blechbüchse.

Dunkler Ocker ebenso behandelt giebt ein Gelb.

Der römische Vitriol, in einem Ofen gebrannt und mit Weingeist abgerieben, giebt ebenfalls ein schönes Roth, welches dem Lack gleicht.

Zu Grün und Blau kann man Kupferoxyd oder kohlensaures Kupfer, abgeriebenen grünen Glasfluß, künstlichen Ultramarin, Smalte nehmen.

Digitized by Google

Zu Schwarz zieht man schwarze Eisenschlacken oder Drahtzugabgänge, Hammerschlag vor *).

Auch Kohlen, wie Beinschwarz u. a. geben ein gutes, unveränderliches Schwarz.

Im Allgemeinen sind ziemlich alle Metalloxyde, auf die der Kalk keinen wesentlichen Einfluß hat, desgleichen Erden, wie Umbra, Kölnische Erde, Bolus, Siennaer Erde, grüne Erde u. a. brauchbar. Alle vegetabilen Farben sind vergänglich.

§. 198. Zusammensetzung farbiger Mörtel zum Stucc.

1) Weißer Mörtel. Man nehme eingelöschten Kalk und Marmorpulver zu gleichen Theilen und reibe es ohne Wasserzusatz gut zusammen. Nimmt man anstatt des Marmors andern Kalkstein, so kann sich das Verhältniß ändern, je nachdem das Steinmehl mehr oder weniger fett oder absorbirend ist. Man setzt das Reiben so lange fort, bis die Masse ganz gleichförmig gefärbt ist.

Oder: man nehme, nach Fleuret, 2½ Maßtheile weißen Marmor und einen Theil Kalkpulver oder 1 Theil Steinmehl, 1 Theil Kieselmehl und 1 Theil Kalk, mische Alles gut untereinander und reibe es mit Kalkmilch ab. Dieser Mörtel, der Teigform haben muß, wird den Tag vorher bereitet, wo er verwendet werden soll, und den andern Tag vor dem Gebrauch nochmals geschlagen.

2) Gelber oder rother Mörtel. Man mengt 1½ Theil Cement und ½ Theil rothe oder gelbe Erde; oder 1 Theil Kalk, ½ Theil gebrannten Ocker, oder gelbes, oder rothes Bleioxyd (Bleioxyde sind am wenigsten zu empfehlen) trocken zusammen und arbeitet es mit Wasser zum Teig.

*) Das hier erwähnte Eisenoxydul geht jedoch leicht in Oxyd über und sticht dann in's Rostbraune.

Digitized by Google

3) Himmelblauer Mörtel. 2 Theile Marmor oder Steinpulver und ½ Theil Kupferoxyd oder kohlensaures Kupferoxyd mische und reibe man zur Teigform.

4) Grüner Mörtel. 3 Theile Marmor-, 1 Theil weißes Steinpulver und 1 Theil grünes Glaspulver werden mit wenig Kalkmilch abgerieben; Chromgrüne können ebenfalls dazu genommen werden.

5) Perlgrauer Mörtel. 3 Theile Marmor- oder Steinpulver, 1 Theil Hammerschlag; oder, gleiche Theile Kalk, Kreide und Schlacken, mit etwas Kalkmilch eingemengt.

6) Brauner Mörtel. 1 Theil Kalk, 2 Theile einer Mischung von Hammerschlag und Cement oder Ziegelmehl vermischt man je nach dem Tone, der verlangt wird.

7) Schwarzer Mörtel nach Fleuret. 2 Theile Schmiedeschlacken, worin viel Eisentheile enthalten, und 1 Theil Kalk mischt man mit dem zum Teige nöthigen Wasser, so daß er sich mit dem Spatel oder der Kelle wie Thon schneiden läßt; stößt ihn dann in einem eisernen oder steinernen Mörser, bis der Stößel schwer herauszuziehen ist, welcher Zustand nur nach längerem und öfter wiederholtem Bearbeiten erfolgt. Hat man mehr, als man auf ein Mal verbraucht, bereitet, so muß der Rest feucht gehalten und von Zeit zu Zeit frisch gestoßen werden, ohne Wasser beizugeben. Nur wenn er zu sehr getrocknet wäre und sich schwer behandeln ließe, darf man ihn mit ein Wenig Kalkwasser anfeuchten, oder auch nur den Stößel naß machen.

§. 199. Gypsstucc. Wendet man Gyps zu dem Stucc an, so rührt man ihn mit erwärmtem Leimwasser oder auch mit arabischem Gummi an, wodurch die Poren verstopft werden, er mehr Festigkeit erhält und eine marmorähnliche Politur annimmt.

Digitized by Google

Wie bereits gesagt, wird der Gypsmarmor nur in dem Innern von Gebäuden angebracht; eben so der Stucc von Gyps, der vorzüglich zu feineren Arbeiten gewählt wird. Will man das Erhärten desselben etwas verzögern, so setzt man ihm mehr Leim, auch wohl etwas kohlensauren Kalk zu. Zum Färben mischt man die Pigmente zu dem Leimwasser, womit man den Gyps anmacht.

§. 200. Bereitung eines künstlichen Marmors, nach Bouisson. Einen Gypsblock von 2 Meter (6 Fuß) Länge und 66 Centim. (2 Fuß) im Quadrat, legt man auf Unterlagen von Gyps in ein Becken aus Eisenblech, welches 2,16 Met. (6 Fuß 8 Linien) lang, 82 Centim. (2 Fuß 5½ Zoll) breit und 90 Centim. (2 Fuß 9 Zoll hoch ist, und bringt dieses in einen auf 23° R. geheitzten Ofen, worin man es bei gleicher Temperatur 5 Stunden lang läßt.

Hierauf gießt man das Becken voll mit kochendem Wasser, in welchem vorher 1 Pfund Alaun auf 12 Pfd. Wasser aufgelöst worden. Mit solcher Lösung erhält man das Becken 72 Stunden lang, bei gelinder Ofenhitze, gefüllt, damit der Block durch und durch von dem Alaunwasser imprägnirt werde und so die Härte des Marmors annehme.

Für Marmor von 6 Centim. (2 Zoll 2¼ Lin.) Dicke zu Kamineinfassungen, Fliesen ꝛc. wendet man dasselbe Verfahren an. Man hat die nach gewünschter Dimension gesägten Gypssteine in 5 Centim. (1 Zoll 10 Lin.) Entfernung voneinander in das Becken zu stellen, der Hitze von 23° R. 5 Stunden lang auszusetzen und die Lösung noch 24 Stunden lang einwirken zu lassen.

Um verschiedene Farben zu erhalten, versetzt man das Wasser

1) für Schwarz mit 2½ Theilen Grünspan und 2½ Theilen Eisenvitriol auf 12000 Theile Wasser und 1000 Theile Alaun, nebst einer Quantität Campecheholzabsud.

2) Für Rosa mit 2000 Gewichtstheilen altem Fernambukholzabsud auf 12000 Theile Wasser und 1000 Theile Alaun. Besser wird Krapp sein.

3) Für Gelb mit 1 Pfd. Wau auf 12 Pfd. Wasser und 1 Pfd. Alaun.

4) Blau wird sich durch Indiglösung in verschiedenen Abstufungen geben lassen *).

§. 201. Von Ausführung der Stucco-Arbeiten. Das Antragen des Stucco's geschieht gewöhnlich in drei Lagen von verschiedener Beschaffenheit.

Die erste, als Grundirung, wird unmittelbar auf das Mauerwerk aufgetragen und besteht aus grobem Sandmörtel.

Die zweite bewirkt das Abgleichen der Flächen oder ist bestimmt, den Gegenständen die zukommende Form zu geben. Diese Lage wird mit feinerem Mörtel als die erste angetragen, aus feinem Sande, gebranntem Thon, Steinpulver. Für große Flächen kann er auch aus Kalkmörtel, natürlicher oder künstlicher Puzzolane oder Ziegelmehl bereitet werden, besonders wenn er auf Flächen bestimmt ist, die der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, wo er daher schnell trocknen soll. In Italien nimmt man dazu 6 Theile Kalk, 3 Theile Sand, 2 Theile Hammerschlag, 1 Theil Ziegelmehl und 1 Theil Weinstein, welches einer wiederholten Bearbeitung unterworfen wird.

---

*) Bei diesen Färbungen ist der Gebrauch vegetabiler Farben nicht zu umgehen, oder doch wenigstens lassen sich nur mineralische Farbstoffe anwenden, die sich klar in Wasser (kochendem) lösen.

Digitized by Google

Damit diese Lage auf der ersten besser hafte, spitzt man diese mit einem Spitzhammer an.

Die dritte Lage endlich, die eigentliche Stuccolage, muß aus sehr feinen gesiebten Substanzen bestehen. Der dazu verwendete Kalk wird durch Eintauchen gelöscht und, wenn er zerfallen ist, nochmals durch Einsumpfen gelöscht, die Kalkbrühe aber durch ein Sieb von feinem Geflecht getrieben, um das überschüssige Wasser und alle Sandkörner abzuscheiden. Man kann ihn auch der Reibung auf einer Marmorplatte unterziehen.

Zum Antragen der Stucclagen, die gewöhnlich 5 bis 7 Millim. (2 bis 3 Lin.) Dicke erhalten, bedient man sich der Kelle und zum Ziehen von Gesimsgliedern der Schablonbreter, und zwar eines, welches nur die Hauptform enthält und zur Anlage dient, das Gesims aber schwächer als das Profil läßt, dann eines zweiten, welches nach dem Profil genau in Blech ausgeschnitten ist. Zu dem Ziehen der Gesimse nimmt man gern einen etwas fetten Mörtel, die Mittellage kann einfach von Gyps sein.

Endlich, wenn die Arbeiten der Luft ausgesetzt werden sollen, muß man Bedacht nehmen, daß die Oberfläche keine Rauhigkeiten oder kleine Risse habe, wo die Feuchtigkeit sich hineinsetzen würde.

Die Fertigung eines Stucco, der buntfarbigem Marmor gleicht, ist eine besondere Kunst, die hier nicht vorgetragen werden kann und besondere Geschicklichkeit erfordert.

§. 202. **Von dem Poliren des künstlichen Marmors.** Das Schleifen und Poliren kann nicht eher vorgenommen werden, bis der Auftrag vollkommen trocken ist.

Um das Trocknen zu beschleunigen, kann man alle Morgen die Oberfläche, mittelst eines feinen

Digitized by Google

Linnens, von der ausschwitzenden Feuchtigkeit durch Aufsaugen, nicht durch Reiben, reinigen.

Das erste Schleifen geschieht mit einem feinen Sandsteine und mit sehr fein abgeriebenem und durch ein Haarsieb getriebenem Sande unter öfterem Aufgießen von Wasser. Zuletzt wäscht man den Schliff vollends mit einem Schwamme und vielem Wasser ab, damit sich kein Sandkörnchen verhalten könne.

Etwa nach zwei Stunden, wenn der Stuc wieder trocken geworden, überstreicht man ihn mit einer dünnen Lage von gleichgefärbtem Gyps und läßt sie 24 Stunden lang trocknen. Hierauf beginnt man den Marmor mit einem plattgeschliffenen künstlichen oder natürlichen Bimsstein zu schleifen, während man die Fläche immerfort mit Wasser und Schwamm anfeuchtet und abwäscht. Nach abermals zweistündigem Trocknen überstreicht man zum zweiten Male mit dem gefärbten Gyps, läßt 24 Stunden lang trocknen und überschleift wieder mit scharfem, geschlemmtem Trippel und einem Wetzstein unter Anfeuchten, bis der letzte Anstrich abgeschliffen ist, wobei man mit Vorsicht verfahren muß, daß nicht Vertiefungen geschliffen und der Grund angegriffen werde.

Man ist nunmehr zu der Politur gelangt. Zu diesem Zwecke wird der Marmor zum dritten Male ganz leicht und dünn mit dem erwähnten gefärbten Gyps mittelst eines Pinsels überstrichen und nach vollkommenem Trocknen mit einem Streichsteine, (feinem Abziehstein, blauem Wetzschiefer), unter stetem Abwaschen mit Wasser, glatt geschliffen. Nach Befinden wird das letztere Verfahren nochmals wiederholt, zuletzt aber die Fläche mit Nußöl getränkt, mit leinenen Lappen abgewischt und endlich durch Reiben mit weichem Leder und mit ganz wenig feinem Trippel der volle Glanz gegeben.

Digitized by Google

Die Politur kann noch auf ganz verschiedene Weise hergestellt werden; man macht z. B. den letzten Gypsanstrich mit schwachem Leimwasser an und polirt ihn noch feucht mit einem beinernen Instrument; auch kann man ihn zuletzt trocken mit fein pulverisirtem Speckstein und Leder, Kork oder Filz abreiben, wodurch ihm ein eigenthümlicher Glanz gegeben wird.

Im Allgemeinen lassen sich feste Bestimmungen über das Abschleifen und Poliren nicht geben; jeder Künstler hat seine eigenthümlichen Schleifmittel und Manipulationen.

Will man andersfarbige Verzierungen einlegen, so schneidet man diese in den noch feuchten Gyps, streicht die Fuge mit dünnem Gyps, zum Anfeuchten, aus und drückt den gefärbten Gypsmörtel mit Spateln scharf ein, worauf man diesen mit der übrigen Fläche eben abschleift.

§. 203. Gypsgegenstände gegen Witterungseinflüsse zu sichern, nimmt man auf 30 Theile gemahlenen Gyps 1 Theil pulverisirten Aetzkalk und macht die Masse mit Leimwasser an. Die hieraus geformten Gegenstände werden nach dem vollkommenen Austrocknen (welches etwas langsam erfolgt) etliche Mal mit siedendem Leinöl getränkt und dann mit weißer (oder anderer) Oelfarbe überstrichen.

§. 204. Fetter Ueberzug auf Gyps und Stein; von Darcet und Thenard. Der Ueberzug ist ebenfalls bestimmt, Gyps- und Steingegenstände gegen den Einfluß der Feuchtigkeit zu schützen und besteht aus 1 Theil Wachs und 3 Theilen Leinöl, das man mit $\frac{1}{10}$ Gewichtstheil Glätte gekocht hat. Streicht man es im kochenden Zustande (100° C.) auf, so dringt es mehre Millimeter tief in den Stein oder Gyps und giebt ihnen erkaltet eine große Härte.

Digitized by Google

Die Fläche muß durch eine Vergolderpfanne ſtark erwärmt und der Ueberzug mit einem Pinſel in wiederholten Lagen immer ſehr heiß aufgeſtrichen werden, bis der Stein nichts mehr verſchluckt. Mit dieſem Schutzmittel hat man die Kuppel der St. Geneviève-Kirche in Paris im Innern überzogen, um die Malereien von Gros aufzunehmen *).

Der Ueberzug von Darcet und Thénard verbindet ſich ſo innig mit dem Gyps, daß er ihn gegen alle Einwirkung der Luft und des Waſſers ſchützt.

Die Anwendung iſt die gleiche wie auf Stein, nur muß eine Erhitzung über 100 oder 120° vermieden werden.

Der auf dieſe Weiſe imprägnirte Gyps erhält eine Härte, worin der Nagel nur wenig ritzen kann, und einen vollſtändigen Schutz gegen Witterung; auch iſt er ein vorzüglicher Malergrund für Oel- oder encauſtiſche Malerei.

*) Die Erhitznng der Mauern oder Steine vor Auftrag des Ueberzugs hat den Zweck, zugleich mit der Feuchtigkeit auch die Luft auszutreiben. Dadurch bringt die aufgeſtrichene Flüſſigkeit tiefer ein und beſchränkt ſich nicht allein auf eine einfache Grundirung der Malerei, wie bei der meiſten andern Encauſtik, die man bisher angewendet hat.

Elftes Capitel.

Von der Veranschlagung des Kalks.

§. 205. Maß und Gewicht. Im Preußischen ist gesetzlich zum Messen des Kalks die Tonne bestimmt, die vier Berliner Scheffel à $1\frac{7}{9}$ Cubikfuß enthält. Eine Tonne hält sonach $7\frac{1}{9}$ Cubikfuß.

Ein Berliner gut gemessener Scheffel ungelöschten Steinkalks giebt durchschnittlich 3 Cubikfuß gelöschten Kalk, eine Tonne 12 Cubikfuß, wozu 15 Cubikfuß Wasser (bei Rüdersdorfer Kalk) zum Löschen gehören.

Je nachdem der Kalk fett oder mager ist, erfordert er 3,2 oft nur $1\frac{1}{2}$ Cubikfuß Sand auf 1 Cubikfuß Kalk. Die Mittelzahl giebt $2\frac{2}{5}$ Cubikfuß Mörtel.

An Mörtel und Kalk wird verbraucht zu nachbenannten Gegenständen:

	Cubikfuß Mörtel.	Cubikfuß gelöschten Kalk.
1 Schachtruthe Mauer von Bruchsteinen, und zwar:		
a) unregelmäßigen und kleinen Bruchsteinen	60	25
b) dergleichen großen Bruchsteinen .	56	$23\frac{1}{3}$
c) dergleichen lagerhaften Bruchsteinen	48	20
Zu Ziegelmauern:		
3 Ziegel stark, großer Form zu 1 Quadratruthe (= 3 Schachtruthen)	126	$52\frac{1}{2}$

Digitized by Google

	Cubikfuß Mörtel.	Cubikfuß gelöschter Kalk.
Desgleichen, mittlerer Form zu 1 Quadratruthe (= 8 Schachtruthen)	120	50
2½ Ziegel stark, großer Form zu 1 Quadratruthe (=2½ Schachtruthen)	103	43
Desgleichen, mittlerer Form zu 1 Quadratruthe	98	40
2 Ziegel stark, großer Form zu 1 Quadratruthe (= 2 Schachtruthen)	80	33⅓
Desgleichen, mittlerer Form zu 1 Quadratruthe	76	32
1½ Ziegel stark, großer Form zu 1 Quadratruthe (= 1½ Schachtruthen)	59	25
Desgleichen, mittlerer Form zu 1 Quadratruthe	56	23⅓
1 Ziegel stark, großer Form zu 1 Quadratruthe (= 1 Schachtruthe)	36	15
Desgleichen, mittlerer Form zu 1 Quadratruthe	34	14⅙
½ Ziegel stark, großer Form zu 1 Quadratruthe	18	7½
Desgleichen, mittlerer Form, zu 1 Quadratruthe	14	6
Zu Fachwänden:		
1 Quadratruthe, 1 Ziegel stark, das Holz 6 Zoll stark	28	12
1 Quadratruthe, ½ Ziegel stark, das Holz 6 Zoll stark	14	6
1 Quadratruthe, ¼ Ziegel stark, das Holz 6 Zoll stark	8	3⅓
1 Quadratruthe Fachwand mit Bruchsteinen, 6 Zoll stark	18	7½
1 Quadratruthe Fachwand mit Bruchsteinen, 8 Zoll stark	24	10

Digitized by Google

	Cubikfuß Mörtel.	Cubikfuß gelöschter Kalk.
1 Quadratruthe Fachwand mit Bruchsteinen, 12 Zoll stark	45	18
Zum Plaster:		
1 Quadratruthe von behauenen Platten	29	$12\frac{1}{12}$
Von Ziegeln auf der hohen Kante:		
Mit großen Ziegeln ganz in Kalk gelegt	14	6
Mit großen Ziegeln nur die Fugen vergossen	7	3
Mit kleinen Ziegeln in Kalk gelegt	17	$7\frac{1}{12}$
Mit kleinen Ziegeln nur die Fugen vergossen	8	$3\frac{1}{3}$
Eine Quadratruthe von Ziegeln breit liegend:		
Mit großen Ziegeln in Kalk gelegt	6	$2\frac{1}{2}$
Mit großen Ziegeln nur die Fugen vergossen	4	$1\frac{1}{2}$
Mit kleinen Ziegeln in Kalk gelegt	8	$3\frac{1}{3}$
Mit kleinen Ziegeln nur die Fugen vergossen	5	2
Eine Quadratruthe mit Fliesen:		
Mit großer Form in Kalk gelegt .	5	2
Mit großer Form nur die Fugen vergossen	3	$1\frac{1}{4}$
Mit kleiner Form in Kalk gelegt .	6	$2\frac{1}{2}$
Mit kleiner Form nur die Fugen vergossen	4	$1\frac{1}{2}$
Zu Gewölben mit Mauerziegeln, nach Steinen gerechnet:		
Zu 1000 Ziegeln großer Form, $\frac{1}{2}$ Ziegel stark	36	15

Digitized by Google

	Cubikfuß Mörtel.	Cubikfuß gelöschter Kalk.
Zu 1000 Ziegeln kleiner Form, ½ Ziegel stark	32	13⅓
Zu 1000 Ziegeln großer Form, ½ Ziegel stark und im Gurt 1 Ziegel	40	17
Zu 1000 Ziegeln kleiner Form, ½ Ziegel stark	36	15
Zu 1000 Ziegeln großer Form, im Gewölbe 1 Ziegel, in den Gurten 1½ Ziegel stark	50	21
Desgleichen Ziegeln kleiner Form .	46	19⅙
Zu 10 steigende Fuß Schornsteinröhren, ½ Ziegel stark, incl. innern Verapp:		
Einfache; 18 Zoll in's Gevierte weit von großen Steinen, auf vier Seiten frei	11	4½
Desgleichen auf drei Seiten frei . .	9	3½
Desgleichen auf zwei Seiten frei .	6	2½
21 Zoll in's Gevierte, von großen Steinen, auf vier Seiten frei . .	14	5½
Desgleichen auf drei Seiten frei .	11	4¾
Desgleichen auf zwei Seiten frei .	7	3
21 Zoll in's Gevierte, von kleinen Steinen, auf vier Seiten frei .	11	4½
Desgleichen auf drei Seiten frei .	9	3½
Desgleichen auf zwei Seiten frei .	6	2½
		7¾
Doppelte; ½ Ziegel und die Zungen ¼ bis ½ Stein stark:		
21 Zoll in's Gevierte, von großen Ziegeln, auf vier Seiten frei . .	18	
Desgleichen auf drei Seiten frei . .	13	5¼

Digitized by Google

	Cubikfuß Mörtel.	Cubikfuß gelöschten Kalk.
Desgleichen auf zwei Seiten frei .	11	$4\frac{1}{3}$
16 bis 21 Zoll in's Gevierte, von kleinen Steinen, auf vier Seiten frei	16	$6\frac{2}{3}$
Desgleichen auf drei Seiten frei .	13	$5\frac{3}{4}$
Desgleichen auf zwei Seiten frei .	11	$4\frac{1}{2}$
Dreifache: 18 Zoll in's Gevierte, von großen Steinen, auf vier Seiten frei	25	$10\frac{1}{2}$
Desgleichen auf drei Seiten frei .	19	$8\frac{3}{4}$
Desgleichen auf zwei Seiten frei .	16	7
16 bis 21 Zoll in's Gevierte, von kleinen Steinen, auf vier Seiten frei :	22	9
Desgleichen auf drei Seiten frei .	16	7
Desgleichen auf zwei Seiten frei .	15	$6\frac{1}{4}$
Vierfache, in einer Reihe:		
18 Zoll in's Gevierte, von großen Ziegeln, auf vier Seiten frei . .	30	$12\frac{1}{2}$
Desgleichen auf drei Seiten frei .	23	$9\frac{3}{4}$
Desgleichen auf zwei Seiten frei .	19	$7\frac{3}{4}$
16 bis 21 Zoll, von kleinen Ziegeln, auf vier Seiten frei	28	12
Desgleichen auf drei Seiten frei . .	21	$8\frac{3}{4}$
Desgleichen auf zwei Seiten frei . .	19	8
Vierfache, in zwei Reihen:		
18 Zoll in's Gevierte, von großen Steinen, auf vier Seiten frei .	28	$11\frac{1}{2}$
Desgleichen auf drei Seiten frei . .	23	$9\frac{1}{4}$
Desgleichen auf zwei Seiten frei . .	19	$8\frac{1}{4}$

Digitized by Google

	Cubikfuß Mörtel.	Cubikfuß gelöschter Kalk.
16 bis 21 Zoll in's Gevierte, von kleinen Steinen, auf vier Seiten frei	27	11
Desgleichen auf drei Seiten frei .	23	$9\frac{1}{4}$
Desgleichen auf zwei Seiten frei .	18	$7\frac{1}{2}$
Zum Putz massiver Mauern: zu 1 Quadratruthe incl. Verlust:		
Der Putz 1 Zoll stark	16	$7\frac{1}{4}$
$\frac{3}{4}$ Zoll stark	13	$5\frac{5}{12}$
$\frac{1}{2}$ Zoll stark	8	$3\frac{1}{3}$
$\frac{1}{4}$ Zoll stark	4	2
Zum Putz der Fachwände, zu 1 Quadratruthe, wenn das Holz 6 Zoll breit ist:		
Der Putz 1 Zoll stark	12	5
$\frac{3}{4}$ Zoll stark	9	4
$\frac{1}{2}$ Zoll stark	6	$2\frac{1}{2}$
$\frac{1}{4}$ Zoll stark	$3\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{3}$
Der Putz bei 3 Zoll breiten Holzstücken:		
Der Putz 1 Zoll stark	14	6
$\frac{3}{4}$ Zoll stark	10	$4\frac{1}{6}$
$\frac{1}{2}$ Zoll stark	7	3
$\frac{1}{4}$ Zoll stark	4	2
Zum Putz der Decken an Gewölben pro Quadratruthe:		
1 Zoll stark	18	$7\frac{1}{2}$
$\frac{3}{4}$ Zoll stark	15	$6\frac{1}{4}$

Digitized by Google

	Cubikfuß Mörtel.	Cubikfuß gelöschter Kalk.
½ Zoll stark	10	4⅙
¼ Zoll stark	5¾	2⅜
Zum Putz gerohrter Decken (einfach gerohrt):		
Ohne Zusatz an Gyps; zu 1 Quadratruthe, 1 Zoll stark	16	7
¾ Zoll stark	12	5
½ Zoll stark	8	3⅓
Mit geringem Zusatz an Gyps; zu 1 Quadratruthe, 1 Zoll stark	15	6¼
¾ Zoll stark	11	4 1/12
½ Zoll stark	7	3
Mit starkem Zusatz an Gyps; zu 1 Quadratruthe, 1 Zoll stark	14	6
¾ Zoll stark	10	4⅙
½ Zoll stark	6	2½
Zum Putz der Träger unter den Decken, pro 100 Quadratfuß:		
Schwacher Balken ohne Gyps	17	7 1/12
Mit schwachem Zusatz von Gyps	14	6
Mit starkem Zusatz von Gyps	13	5 5/12
Stärkere Balken ohne Gyps	22	9⅙
Mit schwachem Zusatz von Gyps	18	7½
Mit stärkerem Zusatz von Gyps	17	7 1/12
Decken und Wände zu schlemmen und zu weißen:		
24 Quadratruthen stark zu schlemmen und zwei Mal zu weißen	—	10⅖
24 Quadratruthen zu schlemmen	—	7⅕
24 Quadratruthen ein Mal zu weißen	—	2⅖

Digitized by Google

	Cubikfuß Mörtel.	Cubikfuß gelöschter Kalk.
Zum Mauern, Putzen und Ziehen der Hauptgesimse nebst Hintermauerung:		
Zu 10 laufenden Fuß, von 10 Zoll Höhe und 12 Zoll Ausladung	10	$4\frac{1}{6}$
Von 12 Zoll Höhe und 14 Zoll Ausladung	15	$6\frac{1}{4}$
Von 15 Zoll Höhe und 18 Zoll Ausladung	20	9
Von 18 Zoll Höhe und 21 Zoll Ausladung	24	10
Zum Putzen der äußeren Fugen:		
Zu 1 Quadratruthe Mauer	$2\frac{2}{5}$	1
Zu 1 Quadratruthe Fachwand	$1\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$
Zum Verstreichen der Dächer:		
1000 Bieberschwanzziegeln in Kalk zu legen	20	$8\frac{1}{3}$
1000 Bieberschwanzziegeln zu verstreichen	15	$6\frac{1}{4}$
100 Hohlziegeln voll in Kalk zu legen	19	8
100 Hohlziegeln zu verstreichen	14	5
(Dabei rechnet man auf 3 Cubikfuß Kalk 1 Pfund Kälberhaare.)		

Zwölftes Capitel.

Veranschlagung des Gypses.

§. 206. Im Preußischen verkauft man den gebrannten und gemahlenen Gyps nach Tonnen zu vier Berliner Scheffeln, der Scheffel zu $1\frac{7}{9}$ Cubikfuß.

Derselbe wird ohne Sandzuschlag verarbeitet und 1 Cubikfuß gemahlener Gyps giebt $\frac{3}{4}$ Cubikfuß Mörtel.

Wo der Gyps zu vielen Arbeiten anstatt des Kalks angewendet wird, giebt die vorhergehende Tabelle Auskunft über den Bedarf des Mörtels. Dieser Bedarf, mit $\frac{3}{4}$ dividirt, giebt die erforderlichen Cubikfuß Gyps.

Man hat an Gyps zu nachbenannten Gegenständen nöthig:

	Cubikfuß Mörtel.	Cubikfuß Gyps.
Zum Putz gerohrter Decken und Wände:		
Als geringer Zusatz zum Kalk, zu 1 Quadratruthe, 1 Zoll stark .	1	$1\frac{1}{3}$
zu 1 Quadratruthe, $\frac{3}{4}$ Zoll stark .	$\frac{3}{4}$	1
zu 1 Quadratruthe, $\frac{1}{2}$ Zoll stark .	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$
Als mehrern Zusatz zum Kalk, zu 1 Quadratruthe, 1 Zoll stark .	2	$2\frac{2}{3}$
zu 1 Quadratruthe, $\frac{3}{4}$ Zoll stark .	$1\frac{1}{2}$	2
zu 1 Quadratruthe, $\frac{1}{2}$ Zoll stark .	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{2}$

Digitized by Google

	Cubikfuß Mörtel.	Cubikfuß Gyps.
Zum Putz der gerohrten Fachwände:		
Zu 1 Quadratruthe, das Holzwerk im Durchschnitt zu 6 bis 8 Zoll Breite; als Zusatz zum Kalk .	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$
Zu 1 Quadratruthe, wenn das Holzwerk 3 bis 4 Zoll breit ist . .	$\frac{9}{16}$	$\frac{3}{4}$
Zum Putz vorspringender Balken:		
Zu 100 laufenden Fuß schwacher Balken; als weniger Zusatz zum Kalk	1	$1\frac{1}{3}$
Als stärkerer Zusatz zum Kalk . .	2	$2\frac{2}{3}$
Zu 100 laufenden Fuß starker Balken; als weniger Zusatz zum Kalk	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{2}{3}$
Als stärkerer Zusatz zum Kalk . .	$2\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{3}$
Zum Ausputz der Fugen:		
Zu 1 Quadratruthe Mauer . . .	$1\frac{1}{2}$	2
Zu 1 Quadratruthe Fachwand . .	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{2}$
Zum Gypsestrich:		
Zu 1 Quadratruthe $1\frac{1}{2}$ Zoll dick .	$19\frac{1}{2}$	26
Zu 1 Quadratruthe 1 Zoll dick .	13	$17\frac{1}{3}$
Zum Abputz von Façaden rechnet man auf eine Quadratruthe, wenn solche stark verziert ist . .	$1\frac{1}{2}$	2
Wenn solche minder stark verziert ist	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{2}$
Wenn solche wenig verziert ist . .	$\frac{3}{4}$	1
Verzierungen, als Gehänge, Consolen, Modillons, Zahnschnitte, Capitäler ꝛc. werden nach ihrem Cubikinhalte und darnach der Gyps berechnet.		

Digitized by Google

	Cubikfuß Mörtel.	Cubikfuß Gyps.
Zu einem Capital von 4 Cubikfuß Inhalt sind erforderlich . . .	4	$5\frac{1}{3}$
(Zu gemischtem Mauermörtel nimmt man auf 15 Cubikfuß Mörtel 3 Cubikfuß Gypsmörtel und 12 Cubikfuß Kalkmörtel, d. i. zu obiger Quantität 4 Cubikfuß Gyps und 5 Cubikfuß gelöschten Kalk. Nimmt man zum Putzen $\frac{1}{4}$ Gypsmörtel und $\frac{3}{4}$ Kalkmörtel an, so gehören dazu 16 Cubikfuß Gyps und 15 Cubikfuß gelöschter Kalk.)		
Zu Decken, wenn doppelt berohrt wird, rechnet man das Doppelte der obigen Angabe.		
Zu 1000 Stück Biberschwänze einzudecken und zu verstreichen	10	$13\frac{1}{3}$
Zu 100 Stück Forstziegeln in Mörtel zu legen	10	$13\frac{1}{3}$
Zu 1000 Stück Fittigziegeln einzudecken und zu verstreichen .	20	$26\frac{2}{3}$
Zum Legen von 1000 Stück Fliesen mit den Kanten in Gypsmörtel .	8	$10\frac{2}{3}$
Gewicht des Kalkes, Gypses ꝛc.	Pfund.	
1 Cubikfuß gebrannter Kalk wiegt durchschnittlich	90	
1 Tonne gebrannter Kalk . . .	640	
1 Cubikfuß Kalkmörtel, frisch durchschnittlich	118	
1 Cubikfuß Kalkmörtel, trocken . .	108	
1 Cubikfuß gegossener Gyps, frisch	85	
1 Cubikfuß gegossener Gyps, ausgetrocknet	64	

Digitized by Google

Dreizehntes Capitel.

Literatur über Kalk, Gyps und Mörtel.

Mémoire sur la meilleure construction des fours, pour bien cuire les briques, la chaux etc. par *Baussan du Bignon*, 1766. (Deutsche Uebersetzung in demselben Jahre).

Abhandlung vom Gyps- und Lederkalke, von Cancrin, 1790.

Traité théor. et prat. de l'art de calciner la pierre calcaire, par *Hassenfratz*, 1825.

Kuhlmann, über das Kalkbrennen im nördlichen Frankreich, in Dingler's polytechnischem Journal, Band 28, Seite 408.

Demesmay, daselbst, Seite 411.

Ein sehr lehrreicher Aufsatz von Petot, in Annales maritimes et coloniales, 1833, II, p. 138.

Dictionnaire technologique; T. 13., Chaux.“

John, über Kalk und Mörtel, 1819.

***Vicat*, recherches expérim. sur les chaux de construct., les bétons et les mortiers ordin., 1818.**

***Vicat*, résumé des connaissances posit. actuelles sur la fabrication des mortiers et ciments romains, 1833.**

Derselbe, in zerstreuten Aufsätzen in Dingler's polytechnischem Journal, Band 4, 7, 11, 12, 15, 17 ꝛc.

Frost, in Dingler's polytechnischem Journal, Band 13, Seite 208. — Desgleichen Band 11, Seite 117.

Digitized by Google

Stanhope, daselbst, Band 16, Seite 133.

Ueber das Todtbrennen: Schweigger's neues Journal der Physik und Chemie; Band 16, Seite 92, 125.

Irische Kalköfen; Mechanics Magaz. Vol. 4, pag. 143.

Ueber die Anwendung der Gichtflamme zum Kalkbrennen: Annales des Mines: etc. I. Sér.; T. II., pag. 73.

Heathorn, Kalkofen; in Dingler's polytechnischem Journal. Band 21, Seite 533.

Yorkshire- und schottische Kalköfen: daselbst, Band 24, Seite 348; Band 26, Seite 79.

Brard, Kalkbrennen in beweglichen Oefen: Bulletin de la Société d'Encouragement 1828, pag. 197.

D'Artigues, continuirlicher Kalkofen: Annales de l'industr. nation. et étrangère; T. 4, pag. 402.

De Gournay etc. Kalkofen: Descr. des brevets d'invention etc. T. 23, pag. 25.

Jourdan, Kalkofen: daselbst, T. 29, p. 143.

Mangeot: Jahrbücher des polytechnischen Instituts in Wien, T. 12, pag. 25.

Berthier, über Puzzolanen, in Karsten's Archiv für Berg- und Hüttenwesen, Band 48, Seite 231.

Derselbe, in den Annales maritimes etc. 1828. II, pag. 76.

Oefen zu Steinkohlenbrand; Journal des Mines, T. XIII, pag. 158, von *Pictet*.

Raucourt, de Charleville, Traité sur la Fabrication des Mortiers etc. 1822.

De la Faye, Recherches sur la préparation que les Romains donnaient à la chaux etc. 1777.

Digitized by Google

Fleurel, Art de composer des pierres factices etc. 1807.

Mémorial de l'officier du génie, Nr. 9.

Minard, Bulletin des sciences technol. T. 11, pag. 73, 297.

Von demselben in den Annales des ponts etc. T. 6, pag. 269.

v. Oeynhausen und v. Dechen, über den Duckstein, in Karsten's Archiv für Berg- und Hüttenkunde, Band 11, Seite 414.

Berthier, über denselben; daselbst, Band 18, Seite 231.

Ueber den hydraulischen Kalk von Calvados: Bulletin des sciences techn., T. 1, pag. 173.

Desgleichen in den Ardennen: daselbst, T. 7, pag. 150.

Seybert, daselbst, pag. 73.

Cauchy, über den hydraulischen Kalk im Namür'schen, daselbst, T. 14, pag. 98.

Vicat, über das Vorkommen der hydraulischen Kalke in Frankreich: Annales des ponts etc., T. 7, pag. 224. — T. 9, pag. 357. — T. 12, pag. 129.

Cementstein von Avallon: Bulletin de la Société d'Encouragement, 1832. pag. 288.

Saint-Léger, über künstliche hydraulische Kalke; Descr. des brévets d'inv., T. 27, pag. 50.

Veit, über Cemente: Dingler's polytechnisches Journal, Band 4, Seite 293.

Kalkmergel zum Wasserbau: daselbst, Band 7, Seite 502. — Baiersches Kunst- und Gewerbeblatt, 1823, Seite 109, 285.

Inländischer Traß, daselbst, 1824, Seite 238, 281. — 1826, Seite 429. — 1828, Seite 375. — Jahrbücher des polytechnischen Vereins, Band 6, Seite 510.

Digitized by Google

Treussart, über Wassermörtel: Dingler's polytechnisches Journal, Band 15, Seite 341. — Band 21, Seite 40.

Derselbe, Darstellung von Puzzolane und Traß; Annales des mines etc. I. Sér., T. 12, pag. 233.

Raucourt, daselbst, T. 9, pag. 909. — Dingler's polytechnisches Journal, Band 31, Seite 435. — Daselbst, Band 32, Seite 426.

Chambers, Mörtel: Dingler's polytechnisches Journal, Band 23, Seite 69.

Beavan, daselbst, Seite 558.

Girard, über Puzzolanen: daselbst, Band 23, Seite 60. — Daselbst, Band 25, Seite 401, 409.

Tickel, Daselbst, Band 11, Seite 249.

Schübler, über die Eigenschaften verschiedener Basalte, Trachite zur Mörtelbereitung: Schweigger's neues Journal ꝛc., Band 19, Seite 140.

Laurent, Mörtel mit Puzzolane: Dingler's polytechnisches Journal, Band 26, Seite 455. — Theorie der Puzzolane: daselbst, Seite 270.

Basalt als Zuschlag: Jahrbuch des polytechnischen Instituts, Band 1, Seite 116.

Ollivier, hydraulischer Kalk: Dingler's polytechnisches Journal, Band 29, Seite 294.

Theorie der Mörtel und Cemente: Industriel, T. 7, pag. 124.

Fuchs, über Kalk und Mörtel: Erdmann's Journal für technologische Chemie, Band 6, Seite 1, 132. — Dingler's polytechnisches Journal, Band 49, Seite 271. — Poggendorf's Annalen der Physik ꝛc., Band 27, Seite 591.

Panzer, hydraulische Kalke in Baiern: Baiersches Kunst- und Gewerbeblatt, 1832, Seite 111.

Hydraulischer Kalk in Rußland: Dingler's polytechnisches Journal, Band 36, Seite 154.

Digitized by Google

Poloncéau, hydraulischer Mörtel: daselbst, Band 35, Seite 378.

v. Prittwitz, hydraulischer Mörtel zum Festungsbau in Posen: Verhandlungen des Gewerbe-Vereins in Preußen, 1832, Seite 53.

Berger, Steinkohlenasche zu Mörtel: Dingler's polytechnisches Journal, Band 44, Seite 152.

White, über die Festigkeit des Mörtels: daselbst, Band 46, Seite 101.

Hydraulischer Mörtel: daselbst, Band 48, Seite 462.

Courtois, über Kalk und Mörtel: **Annales des ponts etc., T. 7, pag. 45.**

Parolic oder Universal-Cement: Dingler's polytechnisches Journal, Band 8, Seite 260, 378. — Daselbst, Bd. 9, Seite 125. — Daselbst, Band 11, Seite 251.

Russischer Cement: daselbst, Band 12, Seite 375.

Hawkins, über römischen Cement: daselbst, Band 23, Seite 65.

Clément, desgleichen: **Annales de Chimie, T. 24, pag. 104.**

Marsch, Cement auf Holz: **Bulletin de la Société d'Encouragement etc., 1828, pag. 336.**

White, römischer Cement ꝛc.: Verhandlungen des Gewerbe-Vereins in Preußen, 1829, Seite 123.

Pasch, über Mörtel und Cement: Erdmann's Journal, Band 1, Seite 394, 420.

Dihl's Mastic: **Bulletin de la Société d'Encouragement, 1821, pag. 84.**

Ciment de Pouilly, Roman-ciment, *Hamelin's* mastic, platre-ciment: daselbst 1829, Seite 317 bis 330, 395; daselbst 1830, Seite 194.

Dutillet, römischer Cement; Brevets d'inv., T. 17, pag. 316.

Digitized by Google

Versuche mit Cement von Pouilly, und Parker's Cement im Hafen von Lorient: Annales maritimes etc., 1830, II, pag. 282.

Lefebure's Cement: Dingler's polytechnisches Journal, Band 51, Seite 155.

Troughton desgleichen: daselbst, Band 54, Seite 331.

Cassel desgleichen; daselbst, Band 56, Seite 53. — Daselbst, Bd. 58, Seite 437. — Desgleichen Brevets d'invent. T. 27, pag. 261.

Souillard, über Kitte und Maſtic: Bulletin de la Société d'Encouragement, 1821, pag. 101.

Dobb's verſchiedene waſſerdichte Kitte, Mörtel ꝛc.: Dingler's polytechniſches Journal, Band 14, Seite 234. — Desgleichen *Delalouche*; Brevets d'invent. T. 15, pag. 210.

Lampadius, Anſtrich, Kitt ꝛc.: Erdmann's Journal, Band 9, Seite 316.

Kitt für Bildhauer: Dingler's polytechniſches Journal, Band 16, Seite 396. — Daſelbſt Band 50, Seite 399.

Levallois, Gypsöfen: Annales des Mines etc. I, Sér. T. 7, pag. 403.

Tiſſot, Methode, Gyps zu härten: Dingler's polytechniſches Journal, Band 29, Seite 447. Desgleichen, Band 51, Band 75.

Gay-Luſſac, daſelbſt, Band 34, Seite 312.

Payen, über Gypsbrennen: Erdmann's Journal, Band 7, Seite 471.

Ofen zum Gypsbrennen: Brevets d'invent. T. 17, pag. 253.

Dumoulier, Gypsofen für Steinkohlen: daſelbſt, T. 25, pag. 25, 378. — T. 30, pag. 12.

Bournot, desgleichen daſelbſt: T. 27, pag. 230.

Digitized by Google

Ourselle, desgleichen: daselbst T. 29, pag. 166.

Gyps durch Schwefelsäure zu regeneriren: Dingler's polytechnisches Journal, Band 44, Seite 154.

Emmet, Festwerden des rohen Gypses: daselbst, Band 49, Seite 447.

Ziegelmehl als Zuschlag zu Wassermörteln: von Cartwright: Dingler's polytechnisches Journal, Band 10, Seite 362. — Band 23, Seite 84. — Desgleichen von Beatson: Erdmann's Journal, Band 5, Seite 33. — Desgleichen v. Lampadius: daselbst, Band 6, Seite 347; Bd. 8, Seite 393; Band 13, Seite 231; Band 16, Seite 463; Band 18, Seite 249, 322; Journal der practischen Chemie, Band 1, Seite 356; Band 2, Seite 376. — Hermbstädt, Erdmann's Journal, Bd. 16, Seite 457. — Sprengel, Journal der practischen Chemie, Band 1, Seite 161.

Fabrication künstlicher Steinmassen; Feilner, Verhandlungen des Gewerbe-Vereins in Preußen, 1824, Seite 20; 1828, Seite 93. — Baiersches Kunst- und Gewerbeblatt 1830, Seite 291. — Wilson, künstliche Steine, daselbst 1824, Seite 145, 259. — Daselbst 1823, Seite 281. — Aspdin: Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 16, Seite 304; Band 19, Seite 588. — Bagshaw, daselbst, Band 16, Seite 805. — Lange, daselbst, Band 23, Seite 556. — Baiersches Kunst- und Gewerbeblatt, 1830, Seite 689. — Brian und St. Léger: Bulletin de la Société d'Encouragement, 1830, pag. 469. — Ranger: Dingler's polytechnisches Journal, Band 50, Seite 25; Band 59, Seite 258.

Braunkohlen, Hitzkraft: polytechnisches Centralblatt, 1835, Seite 365.

Mörtel, indiſcher: daſelbſt, Seite 64; Algieriſcher: daſelbſt, Seite 112.

Baſſaigne, Steinmörtel: Journ. d. conn. us. 1834, pag. 303.

Waſſerdichter Mörtel: Journ. d. conn. us. 1835, pag. 84, 85.

Moſer, über Torfkohle: Baierſches Kunſt- und Gewerbeblatt, 1835, Heft 10, Seite 642.

Peterſen und Schedler, Analyſe der gebräuchlichen Holzarten in Bezug auf Brennwerth: Annalen der Pharmacie, Band 27, Seite 139 (polytechniſches Centralblatt, 1836, Seite 481).

Steinkitt von Voget: daſelbſt, 1836, Seite 78.

Brian und St. Léger, hydrauliſcher Mörtel: daſelbſt 1836, Seite 415.

Zenner, ſcharfkantig gemahlener Sand: Baierſches Kunſt- und Gewerbeblatt, 1836, Band 3, Seite 189.

Lazzari, venetianiſcher Terrazzo (Eſtrich): Allgemeine Bauzeitung, 1836, Nr. 8 und 9 (Dingler's polytechniſches Journal, 1836, Seite 363).

Hennoch, über Braunkohlen und deren Verwendung: Dingler's polytechniſches Journal, Bd. 92, Seite 355.

Deutſche Kitte zum Waſſerdichtmachen ꝛc.: Repert. of Patent-Invent. Mai, 1844, Seite 299. Dingler's polytechniſches Journal, Band 93, Seite 148.

Schulz, Cement: Populäre Bauzeitung, Band 1, Seite 7.

Deſſen künſtliche Puzzolan-Bereitung: daſelbſt, Seite 9.

Berliner Kalkmaſchine: daſelbſt, Seite 12.

Anthon, Verſuche mit Mörtel aus Kalk und Steinkohlenaſche: Heßler's Mittheilungen des Ver-

Digitized by Google

eins ꝛc. in Böhmen, 1843, Seite 376 (populäre Bauzeitung, Band 1, Seite 13).

Ueber gehärteten Gyps: Notizblatt des architectonischen Vereins in Berlin; populäre Bauzeitung, Band 1, Seite 16, 77, 168.

Knapp, vom Kalke, Mörtel, Gyps: Chemische Technologie, Band 1, Seite 602.

Schulz, von dem Béton und seiner Bereitung: Populäre Bauzeitung, Band 1, Seite 42.

Von dem Gyps, Brennen ꝛc.: Populäre Bauzeitung, Band 1, Seite 137.

Schulz, von den verschiedenen Kalksteinen ꝛc.: Populäre Bauzeitung, Band 2, Seite 43.

Daniell und Hutchinson, Verfahren, aus Kalksand Kalk zu brennen: Mechanics magaz. (Populäre Bauzeitung, Band 2, Seite 82).

Wackenroder, Bestandtheile, Wirkung ꝛc. des Kalkcements ꝛc.: Populäre Bauzeitung, Band 3, Seite 70 *).

Peclet's Grundsätze der Feuerungskunde ꝛc. Deutsch von Hartmann.

Ueber Gyps in'sbesondere ist keine Schrift bekannt, doch finden sich in den meisten Abhandlungen über kohlensauren Kalk auch Beziehungen auf schwefelsauren Kalk (Gyps). Zerstreute Aufsätze sind:

Levallois, Gypsöfen, Annales des mines, I, Sér. T. 7, pag. 405.

*) Man findet überhaupt in der „populären Bauzeitung, Weimar, Voigt" eine Menge theils Original-, theils aus englischen und französischen und deutschen Schriften entlehnte Aufsätze über diesen Gegenstand, die einzeln hier aufzuführen wir uns hier enthalten können, da diese periodische Schrift sehr verbreitet und, ihres geringen Preises wegen, allgemein zugänglich ist.

Digitized by Google

Tissot's Methode, Gyps zu härten: Dingler's polytechnisches Journal, Band 29, Seite 447. — Band 51, Seite 75.

Gay-Lussac: daselbst, Band 34, Seite 312.

Payen, über Gypsbrennen: Erdmann's Journal, Band 7, Seite 471.

Ofen zum Gypsbrennen: Brevets d'invent. T. 17, pag. 253.

Dumoutier, Gypsofen für Steinkohlen: daselbst, T. 25, pag. 378. — T. 30, pag. 12.

Bournot desgleichen: daselbst, T. 27, pag. 320.

Durselle desgleichen: daselbst, T. 29, pag. 166.

Gyps durch Schwefelsäure zu regeneriren: Dingler's polytechnisches Journal, Band 44, Seite 154.

Emmet, Festwerden des rohen Gypses: daselbst, Band 49, Seite 447.

Stahls's Verfahren bei zarten Gypsformen: Dingler's polytechnisches Journal, Band 111, Seite 71. — Band 112, Seite 399.

Ueber das Brennen desselben mit erhitztem Wasserdampf: daselbst, Band 112, Seite 360.

Ueber Encaustiren von Gypsgegenständen: daselbst, Band 109, Seite 315.

In der Masse gefärbter Gyps (Cameotypie)e daselbst, Band 104, Seite 312.

Verfahren, zu härten: daselbst, Bd. 104, Seit: 158. — Band 106, Seite 431.

Erhärten des rohen Gypses: daselbst, Bd. 103, Seite 396, u. a. m.

Digitized by Google

Bei'm Verleger dieses sind erschienen und in allen Buchhandlungen zu haben:

Populäre Bauzeitung

für Zimmerleute, Maurer, Schlosser, Tischler, Bildhauer, Dachdecker, Tüncher, Stuccatur- und Cementarbeiter, Ofensetzer, Straßenpflasterer, Ziegler, Kalkbrenner und Brunnenmeister, sowie für Maschinen-, Mühlen- und Treppenbau, artesische Brunnen u. s. w., ingleichen für Lackirer, Vergolder und Decorateure, Stubenmaler und Tapezierer. Herausgegeben von A. W. Hertel, Bauinspector zu Naumburg. Erscheint in zwanglosen Heften, bis jetzt 1. Band 1s Heft 12½ Sgr., 2s Heft 12½ Sgr., 3s Heft 10 Sgr., 4s Heft 10 Sgr., 5s Heft 12½ Sgr., 6s Heft 11¼ Sgr. 2. Band 1s Heft 13¾ Sgr., 2s Heft 12½ Sgr., 3s Heft 12½ Sgr., 4s Heft 8¾ Sgr., 5s Heft 13¾ Sgr., 6s Heft 12½ Sgr. 3. Band 1s Heft 15 Sgr., 2s Heft 11¼ Sgr., 3s Heft 10 Sgr., 4s Heft 15 Sgr., 5s Heft 10 Sgr., 6s Heft 15 Sgr. 4. Band 1s Heft 10 Sgr., 2s Heft 15 Sgr., 3s Heft 13¾ Sgr., 4s Heft 10 Sgr., 5s Heft 10 Sgr., 6s Heft 11¼ Sgr. 5. Band 1s Heft 13¾ Sgr., 2s Heft 10 Sgr., 3s Heft 12½ Sgr., 4s Heft 11¼ Sgr. — Wird fortgesetzt.

Ueber den Asphalt,

dessen Vorkommen, Beschaffenheit, Darstellung als Asphalt, Mastix, sowie über seine Benutzung als natürlichen Mörtel, besonders zu Fußböden, Trottoirs und Dächern. Nach den bis zum Jahre 1847 damit gemachten Erfahrungen, von J. Huguenet. Aus dem Französischen von Carl Hartmann. Nebst 1 Tafel mit 12 Figuren. 8. 12½ Sgr.

Digitized by Google

E. Peclet (General-Inspector der französischen Universitäten, Professor der angewandten Physik zu Paris)

Grundsätze der Feuerungskunde,

namentlich der Anlegung von Heerden, Schornsteinen, Kaminen, Stubenöfen, Heizgewölben, Warmwasserheizungen, Lüftungsapparaten ꝛc. Mit Berücksichtigung des deutschen Bedürfnisses nach der zweiten sehr vermehrten Auflage des Traité de la chaleur deutsch bearbeitet von Dr. C. Hartmann. Mit 46 lithographirten Foliotafeln. 8. 3½ Thaler.

P. Schaller, der

wohlunterrichtete Ziegler

oder ausführliche Anleitung zur Verfertigung aller Arten von Mauer-, Dach-, Formziegeln und Fliesen. Nebst Belehrung über Bestandtheile, Prüfung und geologisches Vorkommen der Thon- und Lehmarten; über die Benutzung und Kostenverhältnisse der verschiedenen Brennmaterialien u. a. m. Dritte, durch Bauinspector Hertel in Naumburg sehr vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 12 lithographirten Tafeln in Quart. 8. 1 Thlr. 7½ Sgr.

C. F. C. Steiner (S. W. Baurath), der

Lehmbau auf dem Lande,

oder die Kunst, Landgebäude aller Art möglichst feuersicher aus Lehm und andern Erdarten zu errichten. Ein Noth- und Hülfsbuch für alle Baubedürftigen auf dem Lande und ein Handbuch für Alle, in deren Beruf die Förderung und fernere Ausbildung des Lehmbaues mit liegt, daher auch besonders für landwirthschaftliche und Gewerbsvereine. Mit 54 Figuren auf 4 Foliotafeln. Gr. 4. Geh. ⅔ Thaler.

Digitized by Google

M. Wölfer, der verbesserte

Pisé- und Wellerwandbau

nach den neuesten Erfindungen, oder gründliche Anweisung, mit wenig baarem Kostenaufwande in allen Provinzen, auf dem platten Lande, besonders aber in holz- und steinarmen Gegenden landwirthschaftliche Wohn- und Oeconomiegebäude von Thon-, Lehm- und Chaussée-Abzug und jeder andern Erdmasse mit aus kleingehacktem Stroh, Fruchtspreu und Flachsscheebe vermischtem Mörtel auszuführen; desgleichen zur Ausführung mittelmäßig großer Landkirchen, Pfarr- und Schulwohnungen ꝛc. Ein höchst gemeinnütziges, belehrendes Handbuch zum Selbstunterricht Mit 28 lithographirten Tafeln. Zweite Ausgabe. 4. Steif brochirt. 1½ Thlr.

A. Liraute (Unternehmer der großen französischen Staatsbauten), der

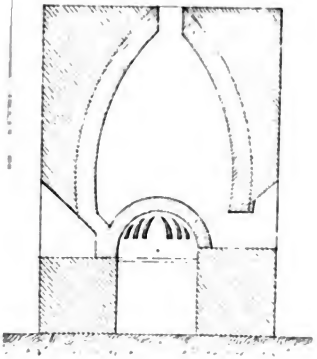
Straßen-, Eisenbahn-, Kanal-, Brücken-, Küstendamm-, Deich- und

Ha enbau, sowie der Bewässerungsarbeiten. Zum Nutzen und Gebrauch der Unternehmer öffentlicher Arbeiten, der Baumeister, Maschinenbauer und Baugewerken anderer Art. Nach dem Französischen mit beständiger Rücksicht auf deutschen Betrieb und Bedürfniß von Friedr. Harzer. Mit 20 lithographirten Foliotafeln. 8. 2 Thlr. 15 Sgr.

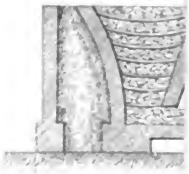
Digitized by Google

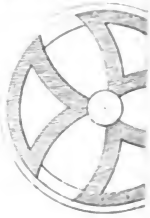
Digitized by Google

Digitized by Google

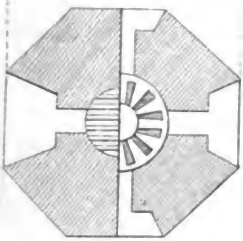


22.

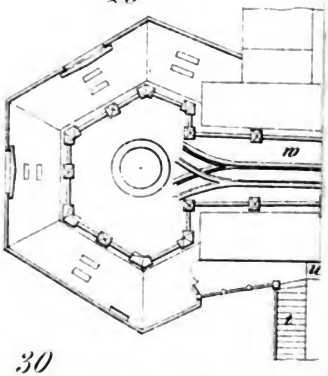




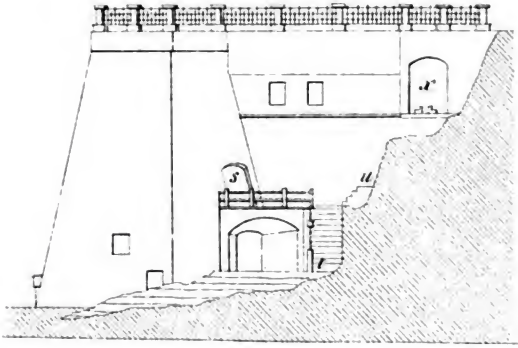
23.



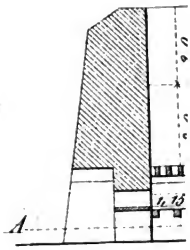
29.

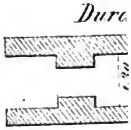


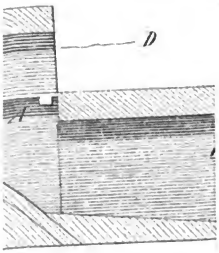
30.



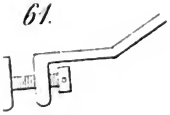
Digitized by Google







61.



62.

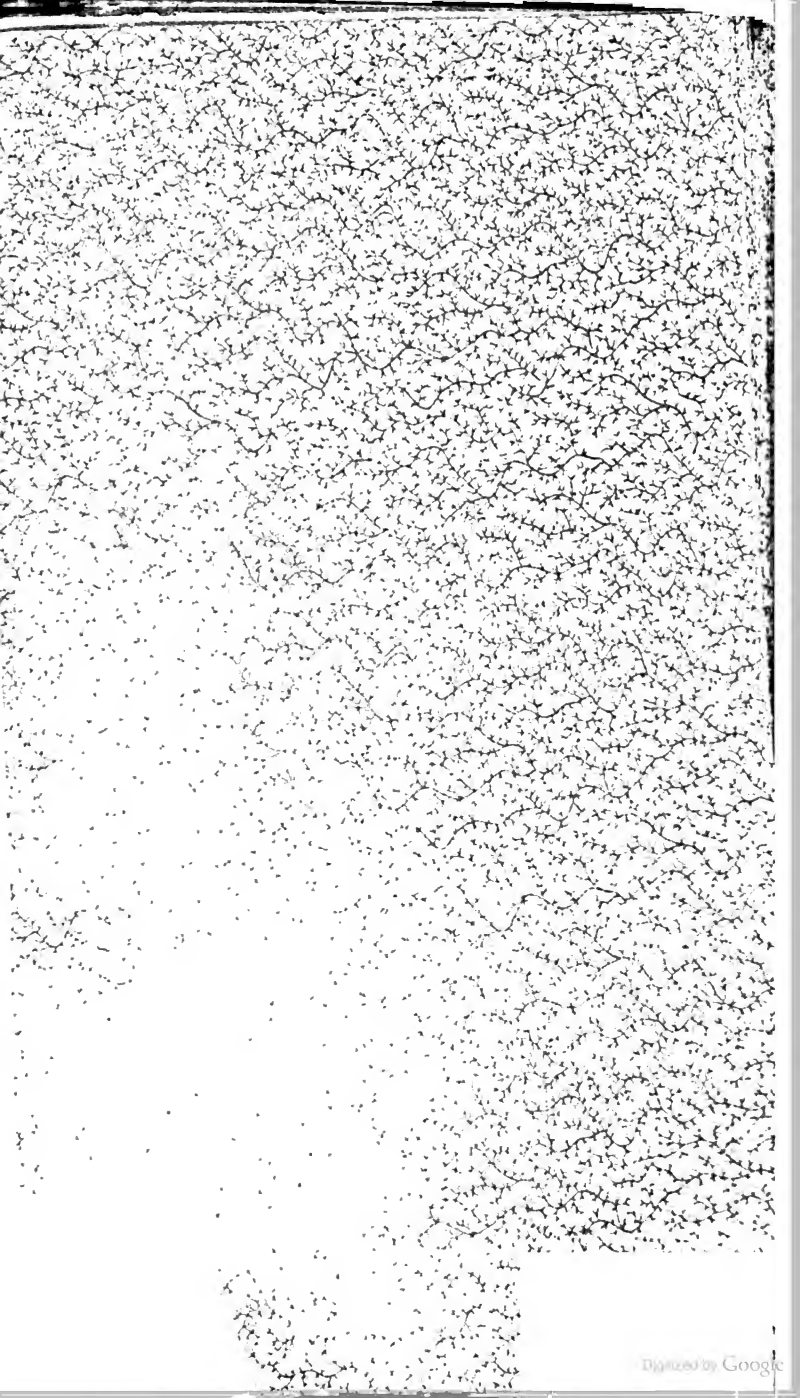
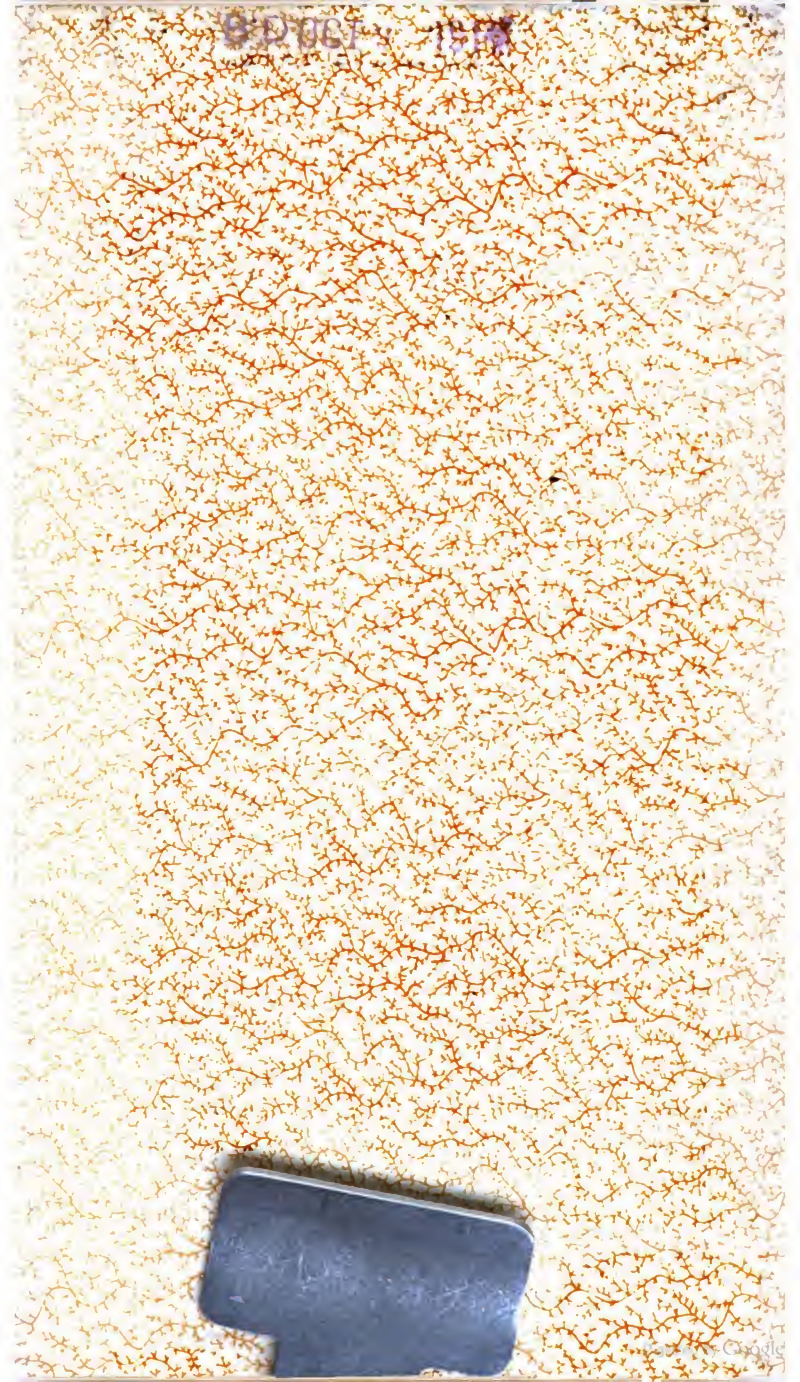
Digitized by Google

	24.	25.
	beim bei Tübingen.	Kalkmergel von Cénonchés bei Dreux.
	,46	80,0
	,9	1,8
	,6	—
	,43	—
	,82	18,1
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
	—	—
Verlust.	—	—
	Berthier.	—

Digitized by Google

Digitized by Google

Google


Digitized by Google